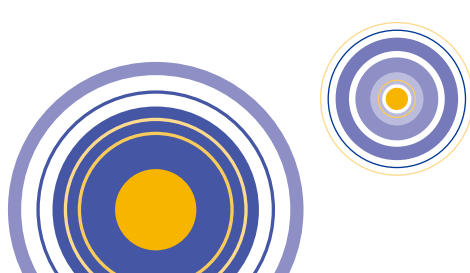


FAPIG

THE FIRST ATOMIC POWER INDUSTRY GROUP



175
2007. JULY

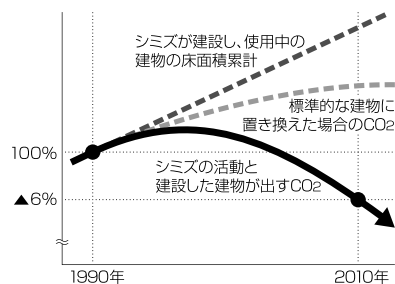


シミズのエコロジー・ミッション

CO₂、6%削減。

2010年へのシミズの目標です。

今、使っている建物から排出されるCO₂、これからつくる建物から排出されるCO₂、そして建設活動から排出されるCO₂。シミズに関わるすべての建物でその大幅削減に取り組み、2010年には1990年より6%削減します。私たちがめざすのは、建物のライフサイクルを見すえた街づくりとCO₂削減の両立です。



*グラフは日本国内でこれまでにシミズが建設、もしくは今後建設して、2010年まで使用される建物全体の延床面積の伸びと、それを標準的な建物に置き換えた場合と、シミズの活動を推進した場合のCO₂の排出量(当社試算)の予測図です。詳しくはホームページをご覧ください。

- *シミズが進める5つの活動です。
1. 新規建設ビルの省エネ・省資源ビル化
 2. 建物建設時のグリーン施工(資材・廃棄物の削減等)
 3. 既存建物の改修による省エネビル化
 4. 風力、太陽光・熱など新エネルギーの活用
 5. 海外でのCO₂排出量の確保と活用

建てる時もエコ。
建てたあともエコ。

SHIMIZU CORPORATION
清水建設
<http://www.shimz.co.jp/>

FAPIG

THE FIRST ATOMIC POWER INDUSTRY GROUP

2007 - 7 / 平成19年度 第1号

No.175

目次

■ 海外事情

南仏プロヴァンス滞在記(3)
竹村守雄

■ 報 告

放射性廃棄物高周波溶融処理技術の開発(18)
朽木憲一 / 福田誠司 / 角田俊也 / 佐藤康士 / 山崎誠一郎

■ 紹 介

「もんじゅ」プラントデータ収録システムへの取り組み(23)
橋本大輔 / 小松恵一 / 江口健二 / 森菌孝次

YBCO超電導モータの開発(30)
今野雅行 / 長谷吉二 / 佐藤寿洋 / 富岡 章

放射線監視システム(36)
伊藤勝人 / 安友克美 / 神谷栄世

■ グループ情報

FAPIGの機構(42)

● Fresh Information (富士電機システムズ)(29)

表紙デザイン：坂本かおり

CONTENTS

■ Overseas Information	
My First Stay in Provence in the South of France	(3)
M. Takemura	
■ Report	
Development of High-Frequency Induction Melting System for Radioactive Waste Disposal	(18)
N. Kuchiki / S. Fukuda / T. Kakuta / K. Satou/S. Yamazaki	
Work of Plant Data Acquisition System for “MONJU”	(23)
D. Hashimoto / K. Komatsu / K. Eguchi / K. Morizono	
Development of Superconducting Motor with YBCO High Temperature Superconducting Tapes	(30)
M. Konno / Y. Hase / T. Sato / A. Tomioka	
Radiation Monitoring System	(36)
K. Ito / K. Yasutomo / E. Kamiya	
● Fresh Information (FUJI ELECTRIC SYSTEMS)	(29)
Cover Design : Kaori Sakamoto	

南仏プロヴァンス滞在記

My First Stay in Provence in the South of France

竹村 守雄*

Morio Takemura

〔概要〕

設計が進められてきた国際核融合実験炉ITERはフランスに建設することが合意され、このプロジェクトに参加するEU、日本、ロシア、米国、中国、韓国、インド7極の関係者達の、サイトとなるカダラッシュへの赴任が1年前から始まった。本稿は、11月から当地へ単身赴任をして初めて経験することになった長期海外生活を、個人的な体験、印象を中心として報告するものである。勤務するカダラッシュ研究所、住まいを構えたエクサンプロバンスの街、これを取り囲むプロバンス地方について紹介するとともに、そこでの生活環境と、各種のトラブル、言葉の壁、プロバンス各地を訪ねる楽しみなどをまとめた。

1. はじめに

1985年にジュネーブで開かれた米ソ首脳会談において、レーガン大統領とゴルバチョフ書記長は、核融合エネルギー実用化のための国際協力について合意した。これが契機となり、科学的、技術的な実現可能性の実証を目的にした実験炉を建設・運転するプロジェクトが、日本および欧州連合EUも参加して1988年から開始されるようになった。概念設計活動、工学設計活動を経て、建設に必要な技術的な準備が整ったのち、どこにITERを建設するか協議・絞込が行われ、2005年に建設サイトをフランスのカダラッシュCadaracheとする国際合意に達した。

この国際熱核融合実験炉ITERプロジェクトは、現在ではEU、日本、ロシア、米国、中国、韓国、インドの7極が参加するようになり、2016年頃に熱出力50万キロワットの実験炉を完成させ、その後20年をかけて運転・実験を行い、次の実証炉の建設に必要なデータを集めることになっている。

2006年初めからカダラッシュにおける国際チームの活動がはじまり、この年の11月初めになって小生はカダラッシュへ赴任することになった。こ

の国際プロジェクトITERの詳細については、

<http://www.iter.org/>

<http://www.nakajaea.go.jp/ITER/index.html>

などを参照していただくとして、本稿は、小生にとって初めての南フランスでの長期海外赴任について、個人生活を中心にその実情を紹介報告させていただくものである。

2. カダラッシュ勤務

2.1. ITER カダラッシュ共同作業サイト

ITERの工学設計活動のあと、引き続きITER建設のための技術的検討は、日本原子力研究開発機構(JAEA)那珂核融合研究所およびドイツのミュンヘン郊外ガルヒンクにあるマックスプランク・プラズマ物理研究所に拠点をおく国際チームが進め、これを各極の国内チームが研究開発を支援してきた。去年7月にカダラッシュ研究所内に国際チーム仮設事務所が開設されたのち、これらの国際チームメンバーを中心として、プロジェクトに参加する7極の研究者・技術者が、赴任準備が整い次第、次々と当事務所へ移動して来るようになった。小生は、ITER建設サイトが青森県六ヶ所村に決まった場合に備え、那珂核融合研究所

* カワサキプラントシステムズ(株) 原子力室 (ITER機構出向中)

にて日本国内チームの一員として国内化の検討に携わっていたものであるが、ITER建設スケジュールにおいて当面の最大課題となるフランス当局の安全審査対応を支援するために、渡仏することになった

赴任した11月の末にはフランス大統領府エリゼ宮において、7極の代表者による政府間の調印が行われ、12月1日に建設母体となるITER国際熱核融合エネルギー機構が暫定発足した。これを祝して、当日の朝はITER事務所の正面に全スタッフが集合し、記念の写真が撮影された(写真1)。早朝8時台まだ気温もあがらず肌寒い中、プロジェクトが新たなフェーズへと前進した喜びと熱気あふれる撮影現場であった。

その後も各極からのカダラッシュへの赴任者が続き、現在では200名近くの世帯となっているが、5年後には600名ほどがこの機構でプロジェクトに携わる計画となっている。この政府間の調印を受けて、各極での議会の批准(EU内各国での議会批准は不要)が全て完了したところで、国から独立した国際機関としてのITER機構が正式に発足する。

事務所の近くでは、500mほど離れたところで、ITER施設の建設のために、林の伐採などが完了したところである。

2.2. バス通勤

ITER事務所のあるカダラッシュ研究所は、地中海の港湾都市マルセイユから北北東に車で70kmほどの内陸に位置し、デュランス河をのぞむ丘陵地帯に広がっている。ここではCEAフランス原子力庁の9研究所のひとつとして、核分裂炉、核融合炉はじめ、エネルギーのための新技術、



写真1 暫定ITER機構発足 -ITER機構提供-

植物への放射線照射効果などの研究を行い、約4500人の従業員が勤務している。

研究所への公的な通勤手段は、専用のバスだけであり、あとはマイカーで行くしかない。通勤バスは、30路線各1台が運行され、各町各村から従業員を乗せたバスが、朝8時に研究所内の所定の広場に次々と到着する。敷地が広大なためこの場所において各施設を繋ぐバスに乗換えることになる。

逆に夕方4時半には、帰りのバスが食堂前の広場を次々に発車する。正門に向かって30台の大型バスが続くさまは壮観である。いずれも寄っていく路線は異なっているが、主な目的地として、10台はエクサンプロヴァンス(研究所から南南西方向へ40kmの距離)、4台はマノスク(同北北東へ20km)、3台はペルテュイ(同南西へ20km)へと向かう。このほか、夕方6時半には正門前から、上記の主要3方向に各1本だけバスが運行されている。このバスはいろいろな場所に寄っていくため、エクサンプロヴァンスの場合には直行するバスの5割増し、1時間半ほど(door to door)かかることになる。

このフランスでは、週35時間労働制となっているため、多くの所員が4時半のバスに間に合うように各職場を離れる。それでもこの35時間の枠を数時間超過する勘定となるため、月あたり2日ほどの代休が、年次休暇のほかに取得できる。残念ながら、ITER事務所はこのフランスの法律の枠外であり、基本的に週40時間制であるため、小生の場合には大部分は6時半のバスで帰ることになる。逆にこのバスに間に合わない場合は、マイカーで通勤する同僚を探し同乗させてもらうことになる。

2.3. 所内生活

(1) レストランの交流

広大なカダラッシュ研究所は、丘陵、林などに隠れて、隣接の建物群がみえない。このため昼食時には、やはり各建物群のセンターと所内にある2箇所のレストランを結ぶバスが運行されている。ITER事務所のある場所は、最寄りのレストランまでかなり離れており、この定刻に発車するバスを利用するか、マイカーを相乗りして出かけ

ことになる。私の所属する安全のグループは、2台のマイカーに分乗したグループ行動をとることが多い。

いつも利用している方のレストランは南側が縦ガラス張りとなっており、食事をしていると、イノシシの一家が群をなして、このガラスの前でこちらを覗いたり、歩き過ぎていくのを見かけることがある。両親と思われる厳つい2頭は体長1mほど、この後をかわいらしい子供たち10頭前後がついて行く。春先は見るからに小さかった子供達も、見るたびに大きくなってきているので楽しみだ。この研究所内の動物といえば、時々朝の通勤バスの中から鹿の一家も見かける。たまに彼らが道路を横切るのを待つためにバスが止まることもある。

(2) 非常事態

ITER事務所は、本来は英語が公用語となっているはずだが、所員全体を対象にした研究所内の放送はフランス語で行われるために、重大なお知らせを聴きもらすことになる。

春先にはレストランにおいて賃上げなどのために抜き打ちストが再々行われたが、フランス人たちは、この放送をもとにそれなりに対応策をとっている(前日からフランス語の掲示、チラシなどで情報を掴んでいることもあるのだろう)。しかしフランス語を解さない人達は、そのままいつものようにレストランに出かけ、人によっては30分ほども歩いた後に、サービスが止まっているのを発見することになる。所外のレストランといっても数キロ以上も離れているので外食にも行けず、結局は昼食抜きという羽目になったりする。

また、どこかの施設でボヤが発生したために建物内に待機するようと言った緊急放送も、フランス語のために、われわれにはすぐには理解できない。このような緊急時のためのサイレン放送および対応行動策について、先日ITER関係者を集めて英語での指導があり、少々安心はした。ここでは、緊急時に備えて、メンバー全員に渡る数の防毒マスクが各建物の玄関近くの目立つ場所に置かれている。なおこのマスクは、レストランにおいても中央出口の通り傍らに置かれているが、食事時の全員には行き渡る数にはとても及ばない。

昼食時は想定外とし、レストラン従業員だけを対象にしているのかもしれない。

(3) 日本武道

レストランのホールには、周辺の村での文化的行事の案内、クラブ活動の紹介、住宅・車を譲りたいなどなどが、掲示板に貼られている。その中に柔道、合気道のような日本の伝統的スポーツの案内が多いのには驚かされる。

先日フランス人のお宅に招かれた折に、このようなクラブが盛んな理由のひとつが理解できた。すなわち、日本では各事業所、各ビルに畳敷きの大広間が備わっており、仕事のあとここで柔道などの稽古をして帰るようだが、お前はどの稽古に励んでいるのか、と聞かれてしまった。そんな設備はどこにでも備わっているものではなく、また長時間の満員通勤電車、残業のために平日はそんな余力はない、と答えると、たいそう意外な表情をされてしまった。彼らからは、日本人の多くが武道の稽古に毎日励んでいると思われるようだ。このせつかくの日本人観を小生が壊してしまったと少々反省している。

さらに余談となるが、この中でも柔道が最も盛んなようである。エクサンプロヴァンスに近い地中海に面したカシCassisの港を訪問した折に、オリンピック柔道での日本人金メダリストに出会い、話を交わす機会を得た。インターネットで調べてみると、ちょうど国際柔道大会がフランスで行われていた。日本ではテレビ・新聞でしか拝見したことがなかった金メダリストに、フランスのこの小さな、それも風光明媚な村で、お目にかかれるとは不思議なものである。

3. エクサンプロヴァンス生活

3.1. エクサンプロヴァンス

(1) 日本からのアクセス

私が住んでいるエクサンプロヴァンス(以下エクサと略す)は、地中海に面したフランス第三の都市マルセイユと、カダラッシュ研究所の中間に位置するプロヴァンス地方の古都。パリからは一時間ほどの飛行でマルセイユ・プロヴァンス空港に着陸するが、ここから日本の新幹線にあたるTGVのエクサンプロヴァンス駅を経由して、エ

クスの中心までは40分ほどのバス移動となる。パリとの間はTGVを利用することもできるが、国際線を乗りついで日本とフランスを往復するとすると、やはりマルセイユ・プロヴァンス空港を利用するのが便利なのである。

(2) エクスの歴史

プロヴァンスの名前は、プロヴァンキアローマーナ（ローマの属州、紀元前2世紀）に由来している。また、このエクスは、湧き水が多いことからアクアエクスチアエ（セクスチウスの泉）と呼ばれたことに由来している。これを名づけたローマの執政官セクスチウスは、今も通りの名前として残っているように、エクスはローマの植民都市として発展した。紀元前102年には、南下してきたチュートン人（ゲルマン部族）との戦いの舞台となるが、ローマ軍はこれを撃破した。これを機にエクスの東にそびえる白亜の峻峰（写真2）が、サントヴィクトール（聖なる勝利）と名づけられている。

4世紀末のゲルマン民族の大移動において、西ゴート族、フランク族、ロンバルド族に占領され、8世紀にはサラセン人（イスラム教徒）に侵略されたりするが、中世はプロヴァンス伯爵領の首都として栄えた。百年戦争期、プロヴァンスにブドウ（マスカット）をもたらしたルネ王は善政を行い、エクスはプロヴァンス地方の芸術・文化の中心となった。1482年になって、フランス王国に吸収されることになる。

現在のエクスは、人口13万人、芸術と大学の都市として知られている。ここで毎年夏に1ヶ月にわたり開催される国際音楽祭は、世界的に有名な



写真2 エクス市街とサントヴィクトール山

ものであり今年で59回目となる。

(3) ミラボー通りと噴水

この街の中心通りは、ミラボー通りと呼ばれ、プラタナスの大木が見事な景観をつくっている（写真3）。冬の間にはすっかり白い幹だけとなっていたプラタナスも、3月の末から枝先が幽かに薄緑がかってくると、1ヶ月後には緑の豊かな並木にすっかり変貌している。

エクスはその名の由来のとおり、市内の至る所、角々で、大小それぞれに形の異なる噴水を見かけることができる（その数100箇所ほどとか）。ミラボー通りの要所にある噴水は17世紀に設置されたようだが、多くの噴水は、18世紀初頭にペストが流行した（マルセイユでは人口の半分の死亡）ために、汚染されていない水の確保に設置されたとのことである。

この噴水の中でも最も大きく立派なものが、ミラボー通りの入口にある環状交差点（ロータリ）中央の大噴水（写真4）。この大噴水の中心には、農業・芸術・平等の3人の女神がそびえ立っているのが印象的である。ちなみに通勤バスのひとつは、このロータリのあるドゴール將軍広場を出発し、共和国通り、ナポレオンボナパルト通りという、そうそうたる名前の通りを経て、カダラッシュ研究所へ向かうことになる。この3女神とは反対側となる通りの端には、前述の善政王ルネの石像がミラボー通りを見下ろしている。

このミラボー通りを挟む町のたたずまいは、両側でその雰囲気が異なっている。北側は旧市街と呼ばれ、古くからの市庁舎、司教館などが残り、網の目のように広がる坂道を囲んで3、4階建て



写真3 ミラボー通り



写真4 エクスの大噴水 ドゴール將軍広場

の住宅が並び立っている。ミラボー通りの南側は、マザラン地区と呼ばれ、平坦な基盤目状の街となっており、旧貴族の館がならんでいる。

なお、エクスの詳しい案内は、次の公式サイトを参照していただきたい。

<http://www.aixenprovencetourism.com/>

(4) セザンヌ

セザンヌと言えば、「近代絵画の父」と称され世界的に有名なフランスの画家であるが、彼が生まれ亡くなった地が、このエクスである。去年2006年は彼の没後100年にあたり、夏に大規模なセザンヌ展が開催され、また市内のゆかりの地で数々のイベントが行われたとのことである。先のドゴール將軍広場の一角にある公園には、キャンバスを背負い歩いているセザンヌの銅像が人目をひく。またミラボー通りに面し多くのカフェ、レストランが並んでいるなかに、彼が出入りした店が1800年頃の創業当時の室内装飾のまま、営業を続けている。

彼の絵には、エクスの街からすぐ近くにそびえているのが見えるサントヴィクトール山を画材としたものが多い。空港あるいはTGV駅からエクスに向かうときに、石灰岩の白い山肌のヴィクトール山が前方に聳えているのが印象的であり、時間帯によっては夕日に赤く染まった幻想的な姿を目にすることができる。

3.2. 生活環境

(1) 住居探し

われわれ外国人ははじめ所外の者がITER事務所



写真5 サントヴィクトール山頂からエクス遠望

ITERフランスのウエルカムオフィスを訪ねることにより、住居探し、各種公的手続きなどの支援を受けることができる。またそれだけで不十分な場合には、日本のメンバーについてはJAEAの契約している民間会社の協力も得ることができるようになっている。

なにしろ、こちらの契約書類はフランス語。アパートの賃貸契約をするにしても、どのような内容・条件が書かれているのか詳細は不明のままサインせざるを得ない。このため、ウエルカムオフィスが契約している不動産仲介業者の立ちあいのもとで、実際の物件を管理している不動産屋と契約するのが無難ということになる。

この契約時には、地震および洪水の自然災害の可能性についての政府調査レポートが説明される。この説明は業者には義務づけられているようであり、この説明書にもサインを求められる。そもそもこの南仏には地震が少ないからITERを誘致したのではないかと思っているので、この説明が始まった時は意外であった。その後、サントヴィクトール山に登ったり（写真5）、こちらの地形を実際に間近で観察する機会が増えてくると、石灰岩ばかりからなる地層が大きく褶曲し、それもすぐ近くにある地形の間で地層の傾き・方向が異なっていたり、山肌全体に亀裂が走っていたりして、大きな時の流れから見ると、地震がたびたび生じても不思議ではない土地だと納得させられる。

こちらの古い家は、バスタブはなくシャワーだけであることが多く、日本人の場合は住宅探しを確かめておくひとつの要件となっている。一般的

には、カダラッシュ研究所の通勤バスが近くを通ること、食料品店が近いこと、またそれなりのセキュリティも備わっていることが、住宅探しの要件である。アパートの周りが駐車場や庭になっているところでは、敷地全体がフェンスで囲まれ、暗証番号を押してゲートを開く方式のところが多い。初めて訪問する場合に、このゲートのことを確認しておかないと立往生させられる。

こちらのアパートは集中暖房のところが多いようである。地下のボイラーから各住宅の各部屋に設置されているパネルに温水が流れるようになっており、快適な暖かさで冬を過ごすことができる。しかし、このボイラーの運転が始まりだす前の数週間と、止まった後の数週間は、真冬よりもかえって家の中が寒く感じられる。最近では電気パネル方式が主流のようであり、各家で個別に運転の調整を行える。

エアコンとなると一般家庭にはあまり普及していないようである。かわりに民間のアパート敷地内に共有のプールが備わっていたり、大きな邸宅には必ずといっていいほど専用のプールを植木越しに垣間見ることができる。このエクスでは、もう6月の中旬に自宅のプールサイドで休息する人をみかけた。

こちらに赴任してくるITER関係者は、当初は割安な長期滞在型（自炊設備つき）のホテルを利用することが多いが、数割も料金が高くなる夏の観光シーズンが始まるまでに一般の住宅に入居している。なお、去年の夏このようなホテルで過ごすことになった同僚によると、こちらの女性客たちはホテルのプールにトプレスでいるので、目のやり場に困ったとのことである。

(2) 買物

住宅の転居が一段落すると、買物は主に日常の食料品となる。通勤バスでエクスのアパートに戻ると8時前となっているため、もっぱら週末、それも日曜日はお店が休みなので、土曜日だけしか買物をする時間がない。最近では日曜営業も多くなって来つつあるのだろうと思っていたら、エクスとマルセイユの中間にある大ショッピング地区は、最近になって休日は営業しないことになったと聞く。この土曜日には、エクス市庁舎前の広場



写真6 土曜の朝市 - エクス市庁舎近くにて -

をはじめとして朝市（マルシェ）が開かれ、野菜から衣料まで広場ごとに異なった品物が並べられ、買物客で賑わっている（写真6）。平日にも幾日か行われているようだ。

しかし、肉、魚、野菜、果物、パンなどという1日で買い揃えに店を回るのはたいへんなので、もっぱら大型スーパーマーケットや郊外の大ショッピング地区に出かけることになる。また水道水のカルシウム分が心配なため、ペットボトルの水の買出しを行っているが、これが重たくて運ぶのが問題である。ちなみに皿を洗ったあと自然に乾燥させておくと、皿立てなどの下の水受け部分が、カルシウムの粉で真っ白になってくる。一週間分の纏め買い、さらに水の購入となると、車が必需品となっている。大型スーパーマーケットとなると規模も大きく、慣れない店内の配置のもと要領よく探さないと、歩く距離も時間も結構なものになる。

ルネ善政王がブドウをもたらしプロヴァンスにはいろいろな銘柄のワイン産地がある。この地方ではロゼが多いのが特徴であり美味でいて安価である。大型スーパーマーケットなどにいくと、ワインは2、3ユーロのものから豊富に品が揃えられており、高さ2mほど長さ20mほどのワイン陳列棚が数列も続いており、これまた選ぶのに苦労する。

(3) レジの行列

こちらのレジでの会計がまたたいへん。幼稚園生なら二人でも入れるような大きなカートに、びっしりと買物を積んでレジにならぶ客がかなりい

る。客は、このカートから全部の荷物をレジ台の上へ一度ならべる。このレジ台はベルトコンベア式になっていて、レジ係が前を通過する商品それぞれ光学読取装置にかざす。客はレジ台の出口側で順次受け取り袋に小分けし（そうしないと車への上げ下ろしがたいへん）、また同じカートにそれらを積み込むことになる。これが終わったところで、支払いがはじまる。現金、カード類で支払う場合は処理が早いですが、こちらでは小切手で支払う人が結構いる。その場合には、小切手に客自体が、サイン、日付、金額を書き込む必要があり、こちらはアラビア数字ではなくフランス語で、たとえば288をdeux cents quatre-vingt-dix-huitなどと書きこむ（日本で領収書の金額欄に算用数字を書き込むと同様）ためか、これにも時間がかかる。このためレジに並んでから終了するまで、10分から30分ほどかかるのを覚悟しなくてはならない。場合によっては、先ほどレジを済ませたはずの客が戻ってきて、レシートのこの金額は間違っているなどと言い出すと、他の係りが応援に来るわけでもなく、レジ業務がストップしてしまうことも何度か経験させられた。

なお、こちらではカルトブルーというカードのシステムがある。これはフランスの銀行が共通に発行しているクレジットカードの類であるが、小さな村に行ってもほとんどの店で使うことができ、便利なものである。一方、銀行に口座をつくと、前述の小切手を数十枚綴じた小切手帳を渡されるが、小生などはフランス語での数字を間違いなく手書きできないので、いまだ使ったことがない。

(4) 物価感覚

さて、この買物といえば物価。去年赴任当初は1ユーロ=150円前後の換算レートになっていたが、こちらで買物をすると実勢換算レート（同じ商品を購入するときに支払う金額）は1ユーロ100円くらいにしか思えない。小生の給料は日本円で支払われているが、フランスで生活すると1/1.5しか支払いができないため、これは弱ったというのが第一印象であった。

なるほど、肉の塊、野菜類などのいわゆる第一次産品は、そうは気にならないが、工業製品など

の加工品となると、どうしてもこの第一印象となる。世界各国の経済力を比較するのに、マクドナルドのビッグマックの販売価格を指標（ビッグマック指標）とする案がある。こちらではセットメニューが5.8ユーロ前後であるが、日本では580円前後のようだ。するとやはり1ユーロ=100円という第1印象は的を射たものである。この指標をもとにすると、1ユーロ=150円前後の換算レートは、やがてユーロ安に向かうはずだが、現在ユーロ上昇が続き（6月末時点では1ユーロ170円に届こうとしている）、円給料での購買力はひたすら低下する一方である。

なお、デジカメやその関連商品は、ショーケースを覗くと、日本にいるかのような錯覚をおこす。日本の製品のオンパレードであり、これらについて円換算をしても日本の大型電気店あたりの安売り価格とあまりかわらない。

(5) インターネット

自宅にインターネット環境を整えるのに、その申し込み方の下調べ、さらにこの契約書はフランス語、トラブルがあっても相談はフランス語となるために、契約に踏み切るまでに時間がかかった。

こちらのインターネットは、フランステレコム系をはじめとして幾つか大きなプロバイダがあるが、いずれも概ね8メガの速度で月に30ユーロの支払い。これを契約すると、それまで10チャンネルも見ることができなかったテレビをモデムに繋ぐことにより、60チャンネルほど見るようになる。スペイン語、イタリア語などの放送も聴くことが可能となるが、日本語放送はなく、フランス語放送の局数が主に増えるだけで、一向にテレビを楽しめる状態にはならない。数少ない英語放送が聴けるようになるのが唯一のメリットだ。なお、月に数10ユーロの特別契約をさらに追加すると、日本語の放送も聴けるようになることではある。

なお、このインターネット回線8メガのうち7メガまでがテレビに割り当てられているとのこと。インターネットは常時1メガだけなのか、テレビを見ているとき（パソコンでインターネットをしながらフランス語のテレビを観賞することは、小生はまず能力的に不可能だが）だけが1メ

ガなのか定かではない。幸い、インターネットのスピードが遅いという実感を抱いたことは今まで生じていない。

また電話機をインターネットのモデムに繋ぐと、国内電話がかけ放題となる。ただしインターネットを契約する上で、固定電話の契約がされていることが前提条件となっており、このかけ放題の電話には、別の電話番号が割り振られる。このため電話機用のモジュラジャックが何箇所かに設置されており、複数の電話機システムがあれば両方の電話が同時に使えるようだ。しかし、私のアパートのように古いところは大抵一箇所しか壁にジャックがないため、電話機を繋ぎなおさないといけない(元のジャックにおいて分岐させれば可能かもしれないが)。契約を申し込む時に、幸いにも英語のできる係員が見つかったので、テレビのチャンネル数増加、国内電話無料かけ放題は必要がない、インターネットだけのプランはないかと交渉したが、そういう契約法はなく、他のプロバイダもほぼ同様だとのことであった。

こうしてフランス語がわからないままだったが思い切って契約したため、日本にいるときと同様のインターネット環境が整った。すなわち日本語のニュース、日本語での検索、パソコンでの無料国際電話などが可能となり、フランス現地での個人生活の質が格段と向上することになった。

3.3. フランス語

(1) フランス語能力ゼロ

こちらでの生活での最大の問題点は、やはりフランス語。小生はフランス語をこれまで学んだことはなく、今回の赴任が決まるまで、そのアルファベットも知らない有様。幸いITERでの公用語は英語となっているので、仕事上はさしつかえないが、前述のように所内放送がフランス語でされてもわれ聞せずとなってしまう。赴任するにあたり、電子辞書を購入して持参したが、これはかなり優れもので、こちらで重宝している。

しかし日常の個人生活は、フランス語ができないとトラブル続きとなる。まずは食料はじめ必要品の購入。野菜などは見た目で見えるが、箱にはいった商品は、外側の説明文がわからないので、果たして探しているものなのか、またどういう風

に調理・使用するのかもわからない。最初のうちは、フランス語を覚えるのによい機会だと、店の中で電子辞書と首っ引きであったが、慣れるとともにだんだんとそれも面倒になってくる。レジ台で会計する折に、金額をフランス語で言われても一度では理解できず、レジに並ぶ他の客の視線には困ったものだったが、今は店員の金額の声も柳に風で、レジ機に表示されている金額を覗き込む習慣がついてしまった。このため肝心のフランス語の数字を一向に覚えるに至らない。

(2) トラブル対応

家での水光熱機器のトラブル時に修理屋に来てもらう、また固定電話の開通時に電話業者に来てもらうと、たいてい年配の人が現れるが、彼らとはほとんどフランス語のコミュニケーションができない。このため電子辞書の世話になってなんとかこれまで乗り切ってきた。薬局などに行くと、薬剤師たちは高等教育をうけているので、幸い英語が通じる。また現在は英語も授業にあるとのことで、一般商店でも若い店員のなかには英語を話せる人がいることもある。

さきのインターネットでトラブルが生じた折に、トラブル相談口に電話をかけたが、フランス語のテープが流れるだけであり、大弱りした。相談の内容種類に応じて異なるプッシュ番号を案内しているようなところまでは、雰囲気では理解できても、それ以上は前には進めない。このためにITERのフランス人秘書に、インターネットの問題点を説明し、該当するプッシュ番号を確認してもらったが、電話口によやくつかめることができた担当者とは英語での会話が結局通じず、断念。幸いに、イギリスにも当プロバイダの会社があることがわかり、そのインターネットサイトを探し出して、この問題をなんとか解決した。

(3) フランス語学習

テレビを見ていると少しはフランス語のヒアリング能力が上達するのではないかと、最初はこれも我慢して聞いていたが、放送の機会の多いトーク番組などはサッパリ。そのうち、自然とスポーツ番組、歌番組などに流れてしまい、今ではフランス語の番組に対して脳の回線はブツツン状態になることが習慣づけられてしまった。

ITERに赴任してくると、ITERフランスの協力によって、フランス語のクラスを50時間受けることができる。イタリア人、オランダ人、ロシア人などで、初めてフランス語を学ぶという人々にまじってこのクラスに参加した。最初のうちはよかったが、だんだんと彼らと進歩の程度に差が開いて行くことが歴然となってきた。小生の予習・復習の時間が不足しているのが原因だろうが、やはり彼らにとっては、語順や単語が基本的に似ているところがあり、上達のスピードが違うのは当たり前だと思うようになった。そもそもフランス語、イタリア語、スペイン語などのラテン系の言葉の違いは、日本語での方言の違いみたいなものではないかと考え、慰めている。

どうにか生活に慣れてきて、フランス語ができなくてもそれなりの生活ができるようになったため、当初ほどフランス語に対するこだわりも、危機感もなくなり、最近はこのグループレッスンにも熱がはいらなくなってしまった。これではフランスにいても、フランスの文化、フランス人の考え方が理解できないので、初心に戻ってこの赴任の機会に新しい外国語を少しでも物にしようと思う毎日ではある。

(4) 多様な言語

なお、出発前にフランス語の独習書を探したが、書店に陳列されているのは英語関係のものが圧倒的である。昔は英語以外の語学書がもっと並んでいたような気がする。こちらに来ると、数十年前に日常会話に使っていた言葉がフランス語であることに気づかされたり、かつてはフランスの映画、フランスの文化といえば、あこがれの存在だったのを、忘れて久しくなっているのにも気づかされた。どこか1カ国の外国語に偏るのは、やはりものの見方も偏らざるをえない。いろんな国の言葉がもっと日本でも使われるようにできればと思う。そういう意味で、フランスはじめイタリアなどの映画、音楽などが昔のようにヒットして、その機会になればと期待したいところだ。

3.4. 交通・マイカー事情

エクス市内のバス(1.1ユーロの均一料金。回数券は三割ほど安くなる)は、結構路線は多いが、休日はダイヤがなくなる路線が多い。休日に

バスにうっかりと飛び乗ると、目的地からもどるのに数時間もバス待ちをしなくてはならない羽目となる。タクシーは大噴水のドゴール將軍広場にある乗り場に行くか、電話で予約することになる。しかし英語が通じないのが当たり前と考える必要があるため、地名を書いたメモなどが必携である。

国鉄在来線のエクサンプロヴァンス駅は、大噴水より歩いてわずか10分程度のところにあるが、マルセイユからエクス、マノスク方面を繋ぐ電車が一日に数本運行しているだけだ。主要な都市に向けて長距離バスが走っているが、これも各々一日数本と限られている。TGVあるいは飛行機を利用する場合は、前述のように直行バスの運転が頻繁にあり、またこれらの駅あるいは空港には、駐車場も完備されており、便利である。

エクスの中心街はそれほど大きくはないが、公共の駐車場が数多く存在し、料金も日本に比べると随分と安い。しかし住宅街となると路上駐車が目立つ。縦列駐車でこちら流に隙間なく駐車されると、小生などは車を出せなくなるため、路上駐車はよほどの際、また場所を選んで行うことにしている。

こちらの左ハンドルは、小生には初めての経験であり、なかなか車を運転することに踏み切れなかった。車体に凹みがある車は多く、なかにはミラーがガムテープで止められていたり、バンパーが今にも外れそうな状態で走っているものも見かける。なんとかおそろおそろ乗り始めてみると、最初は難しそうに思われたロータリも、こんな便利なものなら日本にも導入したらよいのだと思うようになった。しかし、たまに右側車線には入りこむことがある。特に左折の折や、中央の車線がないところを走っている時のようである。

こちらのマイカーは、1000cc台前半の小型車が多い。道路事情の悪い日本でさえ大型車が多いことを考えるとこれは驚きである。またほとんどがギアシフトであり、オートマチック車は限られている。レンタカーもオートマチック車を予約するのは、存在する車が限られているために苦労する。そのような車は結構グレードが高い物が多く、費用もかかる。しかし慣れない左ハンドル、慣れな

いロータリとなると、やはり安全第一で割高のオートマチック車を、まずは探すことになる。

小型車、ギアシフト運転が主流のこのフランスのマイカー事情については、その逆にある日本と対比した場合に、いかなる現象か、いかなる国民性の違いか、考えてみるのも面白いようだ。

3.5. トラブル

(1) 約束時間

アパートに移ってから、水廻りなどの不具合で、不動産屋経由で何度か専門の業者を呼ぶことになった。その場合に、業者の来る時間に合わせてカダラッシュから自宅まで40kmをどう移動するかが問題となる。朝夕の通勤時間帯しかバスはなく、タクシーを飛ばして帰るのには遠すぎる。マイカーがなければ仕事を休まざるをえなくなる。

次に問題は、業者は果たして何時に来るかである。幸い夕方の5時過ぎに来てもらう予約ができた場合には、研究所を4時半に出るバスに乗り込めば、小生の場合は何とかその時間帯に帰りつく。しかし30分待っても現れず、1時間以上遅れて来るのが大部分である。ひどい場合は、数時間待っても業者は現れず、連絡もないままほったらかしにされることがある。この場合はまた、不動産屋を介して日時の再設定を始めなくてはならないが、不動産屋自体も2、3度依頼しないと動いてくれないことが多い。

最後に、うまく業者が来てくれた場合でも、どういう風に修理をするかとか、あらためて本格的に出直す必要があるとか、そういう話になると、フランス語がわからないので弱ってしまう。こういう場合は、業者から不動産屋にフランス語で電話してもらい、そのあと本人と不動産屋とで英語で話をするということを繰り返すことになる。

(2) 車上荒し

こちらでは、駐車中の車から物がとられることは、日常茶飯事の類。このため車から離れるときは、大事なものは全て持ち歩き、それが不可能なものはトランクに収納して外から見られないようにしなければならぬ。家の前に路上駐車していたらガラスを割られカーラジオなどを持っていかれたという話をよく聞く。滞在経験の長い人の中には、夜はカーラジオを取り外して家に持って入

るようにしているという人もいる。

このような車上荒しは、まだ序の口のようなのである。というのは、車を止めようとしたところ、外からドアを開けられ、パスポート、クレジットカードなどを入れたカバンを持って行かれたという同僚が数人存在する。二人で乗り合わせていても、相手はためらわないようだ。さらに、走行中に並んで走る車が段々と幅寄せをしてくるので、仕方なしに停車したところ、車を持ち逃げされたという御仁もいるとか。特にマルセイユにこのようなトラブルが連続しており、そこに出かけるのは要注意となっている。

小生も、事務所の同僚たちとのハイキング先で、路上駐車しておいた車に数時間後戻ってみると、ダッシュボードが開いているのに気がついた。閉めたはずだが特に記憶もなく、なくなったようなものは見当たらない（その類は全て持ち歩いていた）ので、そのまま自宅に戻った。よくよく点検すると運転席のドアの鍵穴付近に無数の傷がつき、ドアのノブ自体も所定の位置にピッタリと取まらなくなっている。このためレンタカー業者に届けて保険の対象になることを確かめ、警察署に行き事故届けを受理してもらい、ディーラーの自動車工場に持ち込んだ。専門家の点検では、これは車上荒しではなく、車を盗もうとしていたようだとの話になり驚いた。でもわが社の車は簡単には盗まれません、とも一言付け加えられた。

(3) ATM要注意

ほかにトラブルで時々聞くのが、カードの自動支払機いわゆるATM。日本ではあまり屋外ではみかけないが、こちらでは歩道に面し人通りの多い場所至るところで、壁面に設置されている。ATMでお金を引き出そうとしたら、ほかの人が手を出してきたなどの同僚の話聞く。このため、小生は銀行などの屋内に設置されたATMで、周りに人が見ていないのを確かめて、操作することになっている。

こういう警戒が必要な一方で、ウツカリと間違った操作（パスワードミスなど）を数回続けると、カードがATMに飲み込まれて戻らなくなってしまう。これが土曜なら銀行の営業はしておらず、電話をしてもフランス語のテープが流れるだけで

あり、週明け（支店によっては月曜日午前中は開いてないところもあり）にこの銀行に駆けつける必要がある。英語を得意としない銀行員に事情を説明し、このカードを取り戻すとともに、新たなカードを発行してもらおう手続きをすることになる。ちょっとしたトラブルでも、フランス語の分からない小生などには、もどに戻すのに随分と労力と時間がかかることしばしである。

3.6. 南フランス人の余暇

こちらは、日本に比べ人口は約2分の1、国土の広さは本国だけで約1.5倍。それだけだと人口密度は3倍程度の違いしかないが、実感では随分とこれ以上の開きを感じてしまう。自然が豊かであり、人の手がかかっておらず、ここではアウトドアの健康的な余暇を楽しんでいる人が多い。ヨット、サイクリング、乗馬、ハイキングなどが目に付く。

エクスから車で一時間も高速道路を走ると、地中海に面した海岸に達する。石灰岩の白い断崖と、青い海とのコントラストが見事である。漁村と呼ばれる港に浮かんでいる船は、帆柱がそびえるヨットが大部分であり、レジャー用であることは間違いないようだ。このようなヨットがたくさん係留されている港が、こちらの海岸には点在している。エクスにもっとも近いカシの付近は特にカラंक Calanques と呼ばれる地形で知られており、石灰岩の断崖が入り組んだ海岸線の奥深くまで船が近づける。外海の影響が少ないので、このようなところは格好のヨットハーバとなっている（写真7）。このような海岸線はまた絶好のハイキングコースでもある。私もITERの同僚達と、こ



写真7 カラंक内のヨットハーバ

のカラंकはじめ地中海を俯瞰する断崖に沿ってのハイキングを幾度か楽しんできた。

一方、丘陵地帯、山村地帯にでかけると、必ず自転車でのサイクリングを楽しんでいる人達とすれ違う。一人が多いが、時には仲間とふたり、あるいは夫婦で走っていることもある。若い人もいるが、かなりの年配の方も見受けられる。車道を走るのでもそれほど急な坂はないが、下りおれば必ず上りがあり体力を要する筈であるが、緑の中を疾走するのは何事にも変えがたいのだろう。彼らはきまったようにツールドフランスの選手よろしく、流線形のヘルメットをかぶり、ぴたっとしたサイクリングスーツに身を包んでいる。なお、このツールドフランス、今年もカダラッシュ研究所の正面を走り抜けるコースとなっている。

郊外を車で走ると、馬を飼っている家、放し飼いにしている牧場を結構見かける。街の近く、郊外の別荘地帯には、乗馬クラブが点在している。休日に覗いてみると、子供達もかなり多く、毎週末にレッスンを受けに来ているようだ。必ず親が車でついてきており、馬場の外の椅子に座って自分の子供の様子を楽しんでいる。

日本では見られない大人の遊びとして、当地ではベタンクをみかける。エクスの市街では見かけたことはないが、漁村、山村に行くと、大の大人が広場に集まっておはじきのようなゲーム—おはじきと言っても砲丸投げの鉄球のようなものではあるが—に興じている。これは男だけの遊びと決まっているようだ。

4. 南仏プロヴァンス探訪

4.1. プロヴァンス地方

エクスを基点にすると、西の方角にアビニオン、アルルが（直線距離70キロ）、東の方角には、カンヌ（同120キロ）、ニース、モナコへと続く。前者はローマ時代などの遺跡が数々残っており、後者は地中海に面したいわゆるコートダジュール（紺碧海岸）の風光明媚なところである。南の地中海に面する大都市は、マルセイユのほかにツールンがある。前者はヨーロッパを代表する大商業港であるのに対して、後者は大軍港として発展した。ナポレオンのエジプト遠征では、このツール



写真8 ヴェルダン渓谷

ン港から大艦隊が出航している。エクス以北には、「南仏プロヴァンスの12ヶ月」(ピーター・マイル著)の舞台となったリュベロン山脈、またヨーロッパのグランドキャニオンといわれ、高さ4、5百メートルもあると思われる切り立つ断崖が続くヴェルダン渓谷(写真8)などが位置している。

プロヴァンスの大河といえば、北から南に流れ地中海に注ぐローヌ河と、デュランス河の名前が登場する。カダラッシュ研究所の前を流れるデュランス河は、イタリア西部国境近くに端を発して南西に流れ、研究所の前を過ぎてから大きく迂回してリュベロン山脈の南麓に沿って西に向かい、アビニオンの南郊でローヌ側に合流する。通勤バスは、研究所の近くではこのデュランス河を眺めながら暫く高速道路を走ることになる。

悠然と流れるローヌ河に対して、デュランス河は洪水で有名であるくらいの知識しかなかったが、最近になって急に親近感を覚えるようになった。数十年ほど前に日本で上映された「河は呼んでいる」という映画の主題歌は、今でもそのメロディーをすぐに口ずさむことができるが、この映画の舞台となっているのは、ダム建設により湖底に沈むことになるデュランス河上流の村であることを知ったためである。エクスのはるか北東200kmほど、オートアルプスの山岳地方にあるこのダム湖Serre Ponconには、村の丘の頂きにあった教会がポツンと湖上に浮かんでいる。

4.2. 気候

フランスのプロヴァンスを、世界のプロヴァン

スにかえてしまった「南仏プロヴァンスの12ヶ月」の第1章である1月には、ミストラルが紹介されている。突然に強い北風が吹き荒れて数日これが続き、プロヴァンス中が寒さに震えあがる。小生はこれを事前に聞かされていたので、しっかりと防寒衣類を準備して赴任してきたが、12月、1月となっても暖かい日が続く、さすが南仏は太陽の注ぐ地だと感激したものだ。しかし、ある日突然身を切るような冷たい強風が吹きだした。これは堪らない、これが2月、3月まで続くやっつけいけないと先行き不安になったところ、1週間ほどでピタッと風がやみ、数日するとまたもとの暖かい南仏に戻った。このミストラルの冷たい強風は、その後も1ヶ月に一度か二度ほどの割合で味わうことになった。当初は冬だけの現象と思っていたが、年間を通じて発生するとのことで、特に冬場は寒くなり、雪の被害、水道管の破裂などで恐れられることになる。

このミストラルは、フランスの北部から南部に風が吹くときに、ローヌ渓谷にそって南下してきた風が、プロヴァンスの開けた低地にさしかかると勢いをまして強風となる現象である。このためプロヴァンスでもローヌ河口に近い、アビニオン、アルルあたりは、ミストラルに襲われる日が、エクスよりもかなり多いとのこと。強いミストラルが発生している時に天気図を見ると、フランス全土にわたり風向が北から南にベクトルがそろい、プロヴァンス地方では風速が毎秒30m以上にも達していることがある。

幾度か経験したミストラルを除いては、初めて経験する南仏の冬は、至って温暖であり快晴のよい天気が続いてきた。3月末頃にはもう初夏のような雰囲気ともなった。しかし日本からの観光客がフランスに押し寄せるゴールデンウィークには、これに合わせたかのように連日の雨模様となり気温も下がってしまった。これも一段落してしばらくすると、5月の末にもミストラルが襲来し、片付けたばかりの冬物、冬布団などを、いそいで取り出すことになった。

初めて迎える夏。日中はひたすら暑いと聞いているが(カダラッシュでの最高記録は41度とか)、空気が乾燥しているのが救いである。

4.3. 週末の楽しみ

(1) 郊外・村散策

週末には、近郊の村々の散策、街での祭りの見物、また前述のような大自然のなかのハイキングを楽しんでいる。

このプロヴァンスに点在する町を一步郊外に出ると、2月：ミモザ(黄)、3月：アーモンド(薄桃)、4月：菜の花(黄)、5月：ひなげし別名コクリコ(赤)、6月：ひまわり(黄)、7月：ラベンダー(紫)と、次から次へと季節の花が色を変えて目を楽しませてくれる。特に菜の花、ひまわり、ラベンダーなどは平地一面に咲きほころび、鮮やかさとスケールの大きなその閑さに見入ってしまう。9月になるとそこら一带にあるブドウ畑での収穫が始まるようだ。

内陸の古くからある農村を訪ねると、畑を見下ろす小高い丘陵に石造の2、3階建ての家が寄り集まり、石壁にはさまれた石畳の坂道が紆余曲折して頂上にある教会あるいは城へと通じている。特にボニューBonnieux、ゴールドGordes(写真9)などのリュベロン山脈の村々は、その美しいたまたまの間に世界から観光客が訪れ、また有名人達の別荘地として話題にのぼる。観光地としては紹介されていない名もなき村を、その遠くからの美しい眺めに惹かれて訪れると、その頂にある城は廃墟として見捨てられていたり、小さな所帯の寄り集まる集合住宅となっていたりして、失望させられることもある。しかしそれでもこちらは石造りなので、4、5百年の歴史の重みを感じずにはおられない。



写真9 ゴールドの村 - 恩師とともに -

なお、この丘を利用し村が作られているのは、度重なる異民族、異教徒との戦いから守るためのものであるようだ。コートダジュール地方では、みあげると断崖絶壁の上に家が密集した村(たとえばエズEze)が点在する。これは特に「鷹の巣村」と呼ばれており、8世紀頃に類発した異教徒サラセン人の襲来に備えたものである。

(2) 年末年始

このエクスではクリスマスイブのちょうど1ヶ月前の夜に、ドゴール将軍広場の大噴水、三女神の上に花火がうちあげられる。ミラボー通りの、南側の幅広い歩道にそって100軒ほどの木造の小屋(間口4m、奥行2mほどに統一)が出現し、クリスマスセールが開始される。プロヴァンス地方の名産品、ハンドクラフト品、芸術品などが一堂に並べられ、大勢の人通りで混雑する。またドゴール将軍広場のまわりには、普段は遊園地しか見かけない大型の遊具が、にわかに組み立てられ、子供たちの歓声で賑わう。クリスマスまでの間に、週末を中心として、各種の行事が続くことになる。

年が明けると、旧市街にある商店街ではバーゲンセールとなり、1ヶ月以上にわたり通常の半額程度で買物ができるようになる。

(3) 春の祭り

2月になるとコートダジュール地方で、ニースのカーニバル、ミモザ祭りなどが開かれ、春の到来が盛り上がり始める。

5月1日はアルルにて牧童祭が行われ、フランスのカウボーイ達が、白馬にまたがり街のなかの



写真10 アルルの牧童祭

石畳の通りを闊歩する。アルルの南に接する大湿原地帯カマルクは、馬の放牧が盛んな地であり、白馬が美しい姿を見せてくれるが、不思議なことに生まれた時は黒い色をしているとの話である。この牧童祭には、美しき「アルルの女」達もプロヴァンス地方の伝統的衣装に身を包んで参加している。

黒いハット、黒いブレザー、プロヴァンス模様のシャツ、ネクタイで正装したカウボーイと、その後ろに横すわりで正装したアルルの女性が、白馬にゆられるのは絵になる（写真10）。100頭ほどの馬のパレードが過ぎた後は、茶色い落し物が累々と残されることになる。ちょうど昼過ぎとなったので、小生らが表通りに面したレストランで食事をしていると、散水車が勢いよく水をまきながらやって来た。前述のものを洗い流すためであるのだが、これが通りすぎると急に特有の匂いがテーブル席を襲って来て、閉口させられた。

(4) 闘牛祭

5月には、ローマ時代の古代闘技場（アリーナ）を利用して、闘牛の季節がはじまる。ニームの聖霊降臨祭pentecôteでは、古代当時の原形をもっとも残している闘技場で闘牛ショーが行われるが、これはフランスで最も権威のある闘牛祭とのことである。降臨祭の週末三連休の間に、毎日2回（11時、5時開催）開かれ、各回3人の闘牛士が2度出場することになる。したがってひとつのショーで闘牛士とブルの戦いを6度見ることができる。小生もフランス人に手伝ってもらい、フランス語のインターネットサイトから、その入場券を



写真11 ニームの闘牛祭

苦勞の末に手に入れることができた。

こちらの闘牛士は、馬の上から、時には正面からすれ違いざまに、時には追われながら、ブルに手持ちの短い槍を突き刺す（写真11）。500kgの体躯で走るブルに対して、最初は色飾りのついた1m以上ありそうな槍を、2本ほど刺す。段々とブルの上半身から前足にながれる血糊がベッタリとしてくるとともに、槍の長さは短くなり、そのうちに50cm以下の剣ともいえるような短い槍を両手に持ってブルに向かうことになる。いよいよ最後は、もとの長さほどで金属だけの槍を手にする。これからが腕の見せ所で、一撃でブルの急所に止めを刺さなければならない。何度も刺し込む機会を逃がしたり、刺しても牛の動きが止まらなると、観客席からブーイングが起こる。逆に見事な場合は、観客は総立ちとなり白いハンカチを打ち振る。止めを刺された牛は、動きをやめ足が止まってしまう。それにあわせて飛び降りた闘牛士が、牛の正面まじかに対座して片膝を衝き、ブルに両手を広げる。戦ったブルに敬意を表している、あるいは別れを告げるシーンなのだろう。そうしていると突然ブルは崩れ落ちてしまう。ブルの耳はそぎ落とされ、これを手にした闘牛士はグラウンドを一周し正門口から退場する。数頭の馬でロープに引きずられ、ブルはグラウンドから姿を消す。アリーナの建物奥で木壁にブルが体当たりする音が、グラウンドの正面口から聞こえ、やがて観客が固唾を飲むなか、精悍な真っ黒い巨体を現したときの様子とは対照的である。

前日にITERの仲間がやはりニームまで見物しに来ていたが、その時は赤い布を広げてブルに立ち向かうスタイルだったとのこと。闘牛士は一般にマタドルmatadorであるが、馬に乗る騎馬闘牛士は特にレホネアドルrejoneadorと呼ばれる。小生が見たショーでは数少ない女性闘牛士（Marie Sara）が登場した。1回目は見事な演技で喝采をあげた（耳を貫くまでは至らなかった）が、2回目は止めに失敗をして、なかなかブルが倒れなかったためにブーイングをあげ、正面口からの退場が叶わなかった。女性闘牛士は、やはり男尊女卑の世界でいろいろと差別されていると聞くが、これが契機となって彼女がこのような大舞台に出



写真12 エイグイエレの移牧祭

るのが難しくなることがなければよいのだが。

かつては奴隷達を生身で戦わせて歓声に包まれた同じ古代闘技場で、ワンサイドゲームに近いかたちでブルに血を流させ殺すのを楽しんでいるのは、複雑な気持ちとなる。それにしても闘牛士達の馬のさばき、時には横走りにブルから逃れたり、ブルの前で両足立ちになったり、ときにはファランドールの曲にあわせて闊歩したりする技術は素晴らしいものである。

(5) 移牧祭

5月の末となると、各地の農村で移牧祭というものが催される。これは暑くなってくると、プロヴァンスで飼育していた羊を、夏でも涼しいオートアルプス方面の高山に移動するための行事である。この祭りでも粋なカウボーイ達、装飾を施された馬の行列、プロヴァンスの伝統衣装に身を包んだ淑女たちを目にすることができる。これらの行列の最後に、本来の主役である羊が登場し、街のメインストリートをその大群が延々と続く。両側の石造の家並みに挟まれて、羊たちが密集となって移動していく様は、河が突然氾濫して街が濁流に襲われたかのような錯覚となる（写真12）。しかしよくみると、ひとつひとつはかわいらしい顔をした羊である。小さな子供がこの濁流に近づくと、さっとそこから身を遠ざけて全体の流れが

変わるのが面白い。昔は実際これから延々と北の高山地帯へと羊達が歩いて行くのを、村のメインストリートで村民たちは見送ったのであろうが、現在はこの祭りの後でトラックなどに載せられ、運ばれていくとのことである。

これらプロヴァンスのお祭り情報は、主に次の英語サイトのお世話になったので、最後に紹介しておく。

<http://www.provenceweb.fr/e/specials.htm>

5. おわりに

南フランスに赴任して、いつの間にか8ヶ月以上が過ぎた。当初は言葉の見えない高い壁に阻まれる思いであったが、フランス語は依然わからないままに、日々の南仏での生活を楽しめるようになってきた。これも日本から先に赴任して来た方々に頂いた支援は勿論であるとともに、各国から参加している同僚、CEAはじめ現地で知り合いとなったフランス地元の方々の、暖かい歓迎と友好によるところが大きい。

FAPIG事務局から執筆依頼を受けて、これまでのフランスでの生活をあらためて振り返ることができるとともに、日本語資料のない環境のなかインターネットを頼りとして新たな認識を得ることが多かった。この滞在記をまとめる機会を与えて頂いたことに感謝の次第である。

まだ赴任は続き、初めて経験する真夏を迎えることになるが、これまでと同様に食事、健康管理を怠りなく乗り切っていきたいものである。カダラッシュ事務所でのITERプロジェクト推進に少しでも貢献できることを願うとともに、フランスの自然、風土、人についてさらに理解を深めたいところである。

最後に、フランスへの派遣を決定し、またいろいろと支援して頂いている日本原子力研究開発機構およびカワサキプラントシステムズ(株)の関係者各位に、あらためて御礼申し上げる次第である。

放射性廃棄物高周波溶融処理技術の開発

Development of High-Frequency Induction Melting System for Radioactive Waste Disposal

朽木 憲一* 福田 誠司* 角田 俊也*
 Norikazu Kuchiki Seishi Fukuda Toshiya Kakuta
 佐藤 康士* 山崎 誠一郎*
 Kouji Satou Seiichiro Yamazaki

〔概要〕

原子力発電所や原子力関連研究施設から発生する低レベル廃棄物は、施設の廃止措置により今後大量に発生することが予想される。一方、廃棄物の埋設処分場には限りがあり、可能な限り減容することで廃棄量を少なくすることが重要である。

カワサキプラントシステムズ(株)は、放射性廃棄物処理プロセスの中で最も減容効率の高い溶融処理設備の開発を行ってきた。当社の溶融処理設備は、非導電性キャニスタとAIリングと呼ばれる放熱補償体を用いた高周波溶融設備であり、高効率で安全な減容処理を行うことが可能である。

本稿では、当社が技術開発を行ってきた放射性廃棄物高周波溶融処理設備について紹介する。

1. はじめに

原子力発電所や原子力関連研究施設では、運転に伴い多種多様な低レベル放射性固体廃棄物が発生する。また、原子力発電所などの廃止措置に伴い大量の低レベル放射性固体廃棄物の発生も予想される。この低レベル放射性固体廃棄物は、その放射能レベル区分によって埋設処分されているが、埋設処分場容量は有限であり、可能な限り減容して廃棄量を少なくすることが重要となる。

低レベル放射性固体廃棄物は、性状により可燃物（紙、布など）、難燃物（プラスチック、ゴムなど）、不燃物（金属、ガラスなど）に分類される。これらの低レベル放射性固体廃棄物を効率よく減容し埋設処分するため、図1に示す廃棄物処理プロセスが採用されている。当社では、この廃棄物処理プロセスのうち、不燃物の溶融処理を中心とした技術開発を行ってきた。

低レベル放射性固体廃棄物を、金属の溶解温度（約1500℃）以上の高温で溶融してから冷却固化し廃棄体化する溶融処理技術は、不燃物の減容処

理としては、物体の真密度に近い充填率にて充填できるため、現状最も高い減容比が得られると考えられる。そこで、この溶融処理を実現するために、高周波溶融処理技術の開発を行ってきた。

2. 溶融処理技術の概要

不燃物の溶融方法としては、①高周波溶融、②プラズマ溶融、③電気抵抗加熱溶融、④マイクロ波溶融、⑤コールドクルーシブル溶融などが研究・実用化されており、廃棄物性状や目的、経済

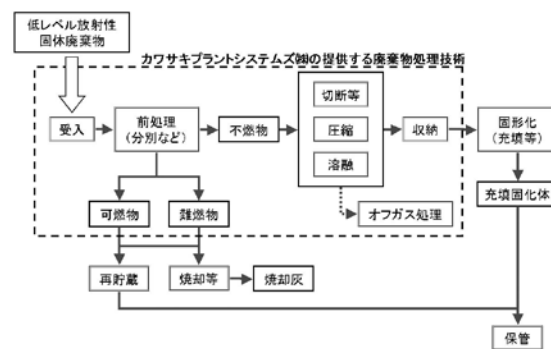


図1 低レベル放射性廃棄物処理プロセスフロー

表1 各種溶融処理方法の特徴

No.	名称	溶融原理	対象物	特徴
①	高周波溶融	被加熱物の周りに高周波コイルを設置し、高周波の電流を流すことによりコイル内に磁界を発生させ、磁界により被加熱物または加熱体に発生する誘導電流により加熱し、溶融する。	加熱対象物は導電体である必要がある。	・バッチ式であり1回の処理容量が限定される。 ・比較的装置が小さい。 ・メンテナンス性がよく遠隔操作が可能。
②	プラズマ溶融	溶融炉内に挿入したプラズマトーチからプラズマアークを発生させ、プラズマアークで発生する熱により溶融する。	原理的に全ての物質に対応できる。	・連続式も可能、処理容量が大きい。 ・比較的装置が大きい。 ・溶融対象物の範囲が広い。
③	電気抵抗加熱溶融	被加熱物に電流を流し、被加熱物の抵抗により発生するジュール熱により溶融する。	加熱対象物は導電体である必要がある。	・バッチ式であり1回の処理容量が限定される。 ・比較的装置が小さい。 ・産業界ではガラス溶融によく使用される。
④	マイクロ波溶融	誘電体にマイクロ波を照射し、誘電体表面の電荷を高速に変化させて熱エネルギーとし、溶融する。	加熱対象物は誘電体である必要がある。金属は不適。	・連続式も可能だが、基本的にはバッチ式。 ・比較的装置が小さい。 ・溶融対象物は限定され、特に金属はマイクロ波の反射のため原則不適。
⑤	コールドクルーシブル溶融	水冷銅等により冷却された炉内で、炉外に設置されたコイルで発生させた磁界により、対象物に誘導電流を発生させ、そのジュール熱により加熱し溶融する。	加熱対象物は導電体である必要がある。	・バッチ式であり1回の処理容量が限定される。 ・比較的装置が小さい。 ・冷却され炉壁上にできる溶融物の固化層により炉が保護され炉寿命を長くすることができる。

性などから方法を選定している。各種溶融処理方法の特徴、対象物をまとめたものを表1に示す。

当社では、これら溶融処理方法のうち、装置がコンパクトであり、放射性物質との直接の接触がないためメンテナンス性に優れた高周波溶融を選定し開発してきた。高周波溶融は、低レベル放射性固体廃棄物処理においては、比較的放射線量が高いα線源を含むTRU廃棄物などの処理に必要なセル内設置の溶融処理設備に向けており、遠隔操作での処理が比較的容易である。

3. 高周波溶融炉の構造

高周波溶融処理は、キャニスタと呼ばれるるつぼ中に不燃性廃棄物を入れ、るつぼの周りに設置したコイルに高周波電流を通電し、コイル内で発生した磁界によりるつぼまたはるつぼ内の金属に渦電流を発生させ加熱し、不燃物を溶融させる技術である。

高周波溶融で使用する高周波溶融炉の構造を図2に示す。高周波溶融炉内に溶融物を入れるるつぼ（以下キャニスタと呼ぶ）を設置し、上部か

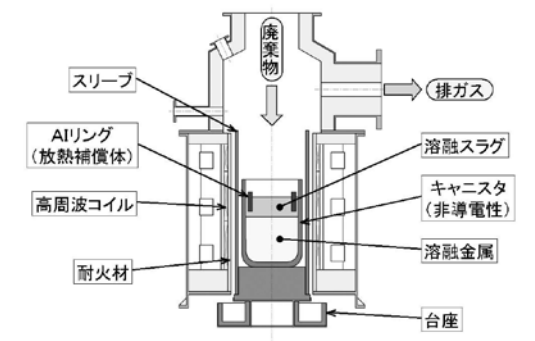


図2 高周波溶融炉の外観

ら廃棄物を順次投入することで溶融処理を行う。キャニスタの寸法は、埋設処分場で受け入れ可能な200Lドラム缶にそのまま入れることのできる外径 約φ550mm×高さ 約800mmとしており、内容積は100L以上を確保している。処理される廃棄物重量は、金属と無機物の割合により異なるが、キャニスタ1個当たり約300~700kgとなる。

キャニスタは台座と呼ばれる耐火材などで構成する台に載せられ溶融炉下部から溶融炉内に設置される。キャニスタの周りには高周波コイルが設

* カワサキプラントシステムズ(株) 原子力室

置され、本コイルによりキャニスタ内の金属が高周波誘導加熱される。キャニスタと高周波コイルの間は、キャニスタと離して耐火材が設置され高周波コイル内を通る冷却水によりコイルとともに冷却される。溶融時に発生する排ガスは、溶融炉の下部から流入した換気空気に同伴され溶融炉上部から排気される。

高周波溶融炉仕様を表2に示す。

4. 溶融処理手順

高周波溶融炉を使用する際の溶融処理手順を図3に示す。

- ① 炉外にて、キャニスタ内に金属を装荷する。
- ② キャニスタを炉内に設置し、加熱を開始する。
- ③ 初期装荷した金属が完全に溶融する。

表2 高周波溶融炉の仕様

(1) 溶融方法	AI式高周波加熱方式
(2) 溶融炉形状	たて型円筒形
(3) 出力	最大 約600kW
(4) 周波数	約1000Hz
(5) 高周波コイル	水冷銅コイル
(6) キャニスタ材質	アルミナ系セラミックス(非導電性)
(7) キャニスタ寸法	外径約φ550mm×高さ約800mm

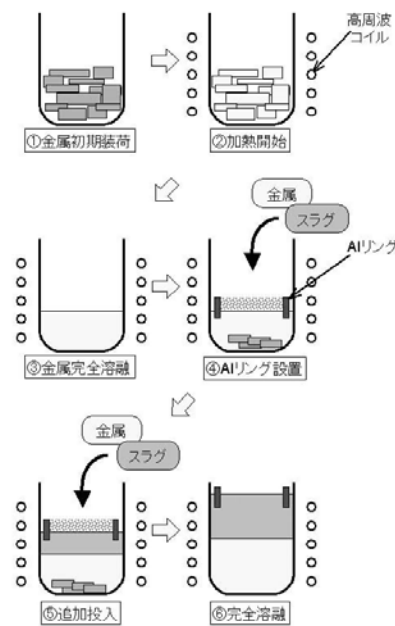


図3 溶融処理フロー

- ④ AIリングをキャニスタ内に設置する。
(AI: Active Insulator)
- ⑤ さらに金属やスラグなどの廃棄物を投入し、溶融する。投入するにつれて湯面が上昇するが、AIリングはそれに追従してくる。
- ⑥ ⑤の追加投入を繰り返し、所定量の廃棄物をすべて溶融する。この後は冷却により溶融固化体とする。

5. 当社の高周波溶融処理技術の特徴

5.1. 非導電性キャニスタの採用

(1) 高温での溶融処理
当社の高周波溶融は、非導電性キャニスタを用い、キャニスタ内に入れた廃棄物中の金属を直接加熱することを特徴としている。非導電性キャニスタ材料には、アルミナやシリカなどのセラミックス材料を混ぜ合わせて用いることができ、キャニスタ材料の選択自由度が高い。当社では、この特徴を生かして、より高温に耐えるキャニスタ材料の開発を行ってきた。現在、当社の社内試験実績では、溶湯温度1600℃以上での溶融処理が可能である。

(2) 処理速度の増加

非導電性キャニスタを使用した高周波溶融は、廃棄物中の金属を直接加熱するため、加熱効率が高く処理速度が速くなる。当社の高周波溶融炉では、標準的な溶融廃棄物組成でコイル通電開始から完全溶融までを約4時間で完了する。このため、処理される廃棄物重量約300~700kgから、最大で175kg/hの処理速度が得られている。

5.2. 確実な無機物の溶融

無機物は、高周波溶融方式では加熱されないため、加熱源である金属からの間接加熱により溶融される。

溶融時に無機物を投入すると、キャニスタ内には金属層である溶融金属と無機物層であるスラグ層が形成される。溶融金属とスラグは密度差が大きく互いに交じり合わない。図4(b)に示すように、スラグ層が大きくなると金属層から入った熱のほとんどが、キャニスタ壁を介して外部に放散してしまうため、スラグの一部が未溶融のまま残ってしまい、安定した溶融を維持することが困難

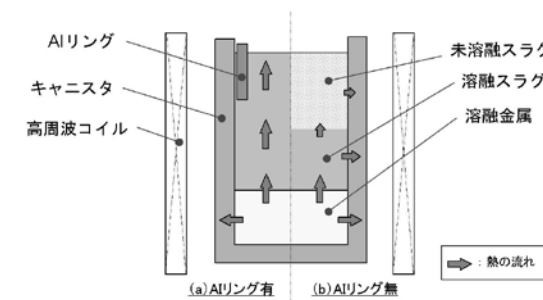


図4 AIリング方式高周波溶融炉の特徴

となってくる。当社では、この問題を放熱補償体であるAIリングを投入することで解決した。(特許 第3625052号)

AIリングは導電性セラミックを円環状にしたもので、密度の調整によりキャニスタ内のスラグ層に浮かせた状態で設置する。これにより、図4(a)に示すように特別な電源を必要とすることなく、放熱を抑制しスラグ層に十分熱を伝えることが可能となる。また、AIリングはスラグ層に浮いているため、湯面の上昇に追従することができる。

社内試験では、このAIリングによりスラグ層の体積割合が70%以上であっても溶融可能であることを実証した。また、AIリング方式では、特にスラグ層上面が高温に維持されるため、溶湯上面での固化膜の発生や気泡の発生を抑制する効果があり、廃棄物の追加投入の阻害要因を排除することが可能となった。

5.3. 溶融助剤量の低減

無機物の溶融では、溶湯温度を超える融点を持つ無機物も含まれるため、溶融処理の際、溶融対象とする無機物の成分を調整し、融点を低下させるために溶融助剤を添加することが一般的である。当社の高周波溶融では、前述の通り溶湯温度を1600℃以上と高く維持することが可能であるため、溶融助剤を減らすことができ、その分溶融処理量を増やすことができる。

5.4. アルミニウムの鉄合金化処理が可能

低レベル放射性廃棄物に含まれるアルミニウムは、酸化腐食による水素発生のおそれがあり、アルミニウムのままでの埋設処分は困難である。このため、鉄とともに溶融し、鉄合金化することにより処理することが望まれている。しかし、鉄と

アルミニウムの溶融時、アルミニウムが単独で酸化されると、非常に高融点のアルミナとなるため溶融除外対象物となっていることが多い。当社では、AIリングと非導電性キャニスタを用いて溶湯を高温に維持することにより、鉄の特性を維持できるアルミニウム混入割合での廃棄物製作を実証した。

5.5. 排ガス風量の低減

高周波溶融炉の後段には、排ガス中に含まれる未燃ガスを完全燃焼させるための二次燃焼器が設置されている。二次燃焼器での加熱方式として、一般的には可燃ガスや灯油を排ガス中に導入し、二次燃焼器内で燃焼させる方式がとられている。この場合、排ガス風量は可燃ガスの燃焼分増加するため、排ガス処理機器(飛灰除去用のフィルタなど)も大型化する。

そこで、当社の溶融処理設備では電気ヒータによる加熱方式を採用することで、排ガス風量を増加させることなく排ガス処理を行えるようにした。これにより、排ガス風量を約35%低減(当社比)させ、排ガス処理系機器の大型化を抑えることができた。また、可燃ガスなどの危険物を放射性物質と混在させないことで、安全性を高めることができた。

5.6. セル内設置への適応性

低レベル放射性廃棄物の中でも、比較的放射線量が高いα線源を含むTRU廃棄物などは、高周波溶融炉を気密性の高いセル内へ設置することが要求される。高周波溶融炉は、放射性物質をキャニスタ内に入れた状態で溶融処理を行うため、高周波溶融炉への直接の汚染がない。従ってセル内設置の場合、特に問題とされる保守性に関して、機器自体の汚染がなく、保守が比較的容易に行える。また、運転においては遠隔運転が可能であり、セル内設置への適応性が高い。

6. 社内高周波溶融試験設備

当社では、高周波溶融処理技術を実証・開発するため、図5に示すドラム缶サイズのキャニスタ(容量 約100L)を使用できる実規模高周波溶融炉および小型高周波溶融炉(キャニスタ容量 約15L)の2基の炉を社内工場に設置し、試験を行ってき



図5 キャニスタ

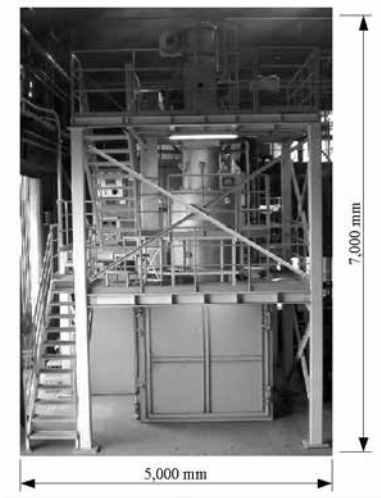


図6 実規模高周波溶融設備

た。実規模高周波溶融炉の外観を図6に示す。試験装置は、高周波溶融炉および廃棄物投入装置、キャニスタ昇降装置、オフガス処理装置、各種計測装置で構成され、自社内の研究を始め、受託試験を実施している。

試験で製作した模擬廃棄体の断面写真を図7に示す。溶融固化した廃棄物は、金属層とスラグ層にきれいに分離しており、両層とも均一で有意な空隙は見られない。本模擬廃棄体のスラグ層の体積割合は約75%であり、AIリングにより無機物の溶融が可能であることを実証した。なお、AIリングは溶融終了後、引き上げを実施したため本断面には含まれていない。また、放射性核種を模

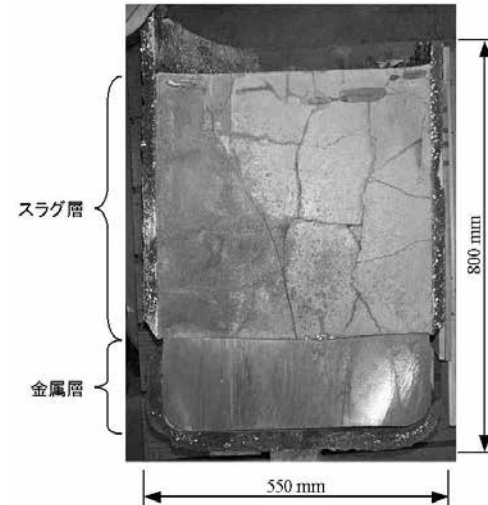


図7 模擬廃棄体断面

擬したコバルトおよびセシウムのコールドトレーサによる廃棄体内の分布測定試験を行い、廃棄体内の金属またはスラグの各層内でコバルトおよびセシウムの濃度分布から均一な固化体であることが確認された。

また、キャニスタの外側に、交換可能なセラミック製の容器や筒を設置することで、溶湯からの飛散物が溶融炉の内壁に付着することを防止し、溶融炉の健全性を高めることについても、試験により確認を行っている。

7. あとがき

原子力発電所や原子力関連研究施設の中にはすでにその役目を終了したものもある。これらの設備は、順次、廃止措置される計画であるが、その際に大量の放射性廃棄物が発生することは明らかである。

一方、放射性廃棄物の埋設処分場については極めて限られた状況にあるため、効率よく減容可能な本技術は今後ますます需要が高まるものと考えられる。

当社は、これまで培ってきた技術を基に、より高効率で安全な放射性廃棄物処理設備を目指してさらなる開発を進めることで、環境負荷の低減に寄与していく所存である。

「もんじゅ」プラントデータ収録システムへの取り組み Work of Plant Data Acquisition System for “MONJU”

橋本大輔* 小松恵一* 江口健二* 森蘭孝次**
Daisuke Hashimoto Keiichi Komatsu Kenji Eguchi Koji Morizono

〔概要〕

高速増殖原型炉もんじゅ（以下、もんじゅという）では、その性能試験などにおいて得られる貴重な実機プラントのプロセス計測データを収集・蓄積し、有効に利用することを目的として、プラントデータ収録システム（Monju Integrated Data Acquisition System、以下、MIDASという）を設置している。

もんじゅは現在、1995年に発生したナトリウム漏えい事故のため運転を停止中であるが、本年5月にはナトリウム漏えい対策に関する改造工事の本体工事が完了し、その機能試験が本格化するなど運転再開の機運が高まっている。

そのような中、MIDASについてもこのほど性能試験の再開を前に更新することとなった。

本稿は、今回更新したMIDASについて、紹介するものである。

1. はじめに

高速増殖原型炉もんじゅは、発電できるわが国唯一の高速増殖炉として、高速増殖炉発電プラントの信頼性の実証、ナトリウム取扱技術の確立など、高速増殖炉技術の実証と実用化に向けた研究開発を行うことを目的としている。

これを踏まえ、もんじゅでは性能試験などその運転から得られる貴重な実機プラントのデータを収集・蓄積し、研究開発業務に有効に利用できるようにするため、プラントデータ収録システム（MIDAS）を設置している。収録されたデータは、性能試験の結果評価はもとより、運転開始後のプラントの過渡現象、長期傾向の分析、さらには将来の運転保守支援システムの開発に資することなど広範な利用が期待されている。

MIDASは、1992年度にシステムを開発し運用を開始するとともに、その後も適宜改良を加えてきたが、従来機のメーカーサポートが終了することから、今般、今後の性能試験再開を前に設備の更新を行うことになったものである。

2. MIDASシステムの要求機能

MIDASは、以下の要求を考慮してシステムを構築した。

(1) プラントデータの収録と蓄積

MIDASは、もんじゅの原子炉、1次主冷却系、2次主冷却系、水・蒸気系などの各系統から、中性子束、流量、圧力、温度、電圧、回転数などのアナログ信号（512点）や、弁や遮断器の開閉状態、トリップ信号などのデジタル信号（128点）を、100msec周期にて24時間常時連続的に収集できることとする。

収集したデータは、下記の各データ形式にて収録し、データサーバに蓄積する。

①定常（1秒値、1分値）データ

過去のプラント状態の分析、評価に資するため、収集したデータを1秒間隔、1分間隔に間引きして、常時間断なく収録するデータ。

②試験データ

個別の試験結果の評価のため、オペレータボックスからの要求操作により、1回当たり最大3時

* 富士通(株) 科学ソリューション事業本部

** 日本原子力研究開発機構 敦賀本部 高速増殖炉研究開発センター もんじゅ開発部

間分を限度として収録する100msec周期のデータ。

③過渡データ

過渡信号（原子炉トリップなどといったプラントの運転に大きな影響を及ぼす信号（以下、過渡信号という））の発生時などにおいて、プラント状態を事後に解析するため、過渡信号の変化を常に1秒間隔で監視し、過渡信号がON状態になった場合^(注1)に、自動的に収録する過渡発生前15分、発生後45分間の期間について収録する100msec周期のデータ。

(2) 収集データの同時性

プラントデータを収集する際、収集する全点のデータを100msec以内に収集できることとする。これにより、全収集データの同時性を保つことができ、各プロセス計測値相互の関係を精度良く分析することができる。

(3) 大容量データの保存

データサーバ計算機には、常時連続的に収録される定常データ、試験時にオンデマンドで収録される試験データ、特定の過渡事象発生時において自動的に収録される過渡データを、過去に収録された約15年分のデータを蓄積し利用できることとする。

(4) Web機能によるデータ抽出・解析

データサーバ計算機のデータは、もんじゅ所内LANに接続されている一般の事務用PC（以下一般PCという）から、Webブラウザを介して、プロセスデータのトレンド（長期、短期）解析、データの抽出を可能とする。

(5) リアルタイムデータの表示

データ収録計算機または、データサーバ計算機より配信されるプラントデータを、最短3秒周期でリフレッシュし、リアルタイムに時系列グラフが表示できることとする。

3. 更新システムの構築

3.1. システム開発のコンセプト

今回の更新に際しては、運転維持費の確保がますます厳しくなっている近年の運用環境を踏まえ、従来機の基本機能は維持しつつ、極力システ

ムの簡素化を図ることを基本とし、あわせて、取扱うデータが貴重なものであること、もんじゅが研究開発を目的とする施設であることを踏まえて、各機器・機能の信頼性と、将来の機能拡張性の観点からコストパフォーマンスに優れたシステムとすることをコンセプトとしてシステムを構築した。

3.2. システムの機器構成

本システムは、データ収録計算機、データサーバ計算機、データ表示用端末などから構成され、それぞれの計算機を、もんじゅ所内LANを活用して接続する構成としている。

更新前のシステム概念図を図1に、更新後のシステム概念図を図2に示す。また、図1、2の各装置の役割を表1に示す。

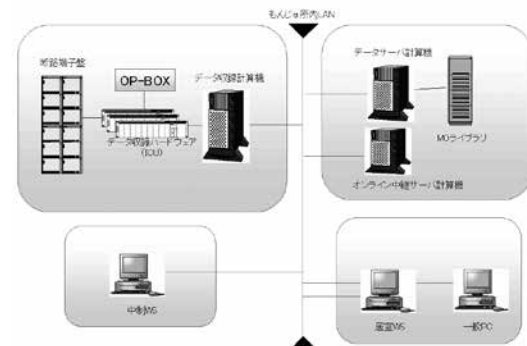


図1 MIDAS概要図（前システム）

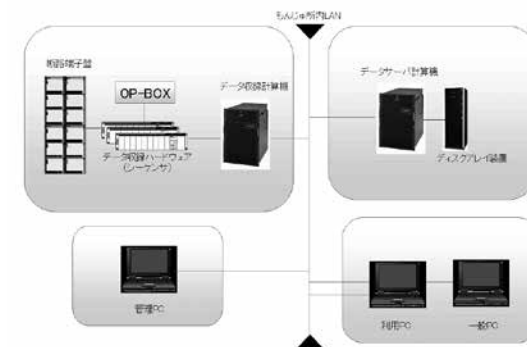


図2 MIDAS概要図（更新システム）

表1 各装置の役割

前システム装置名称	更新システム装置名称	役割
断端子盤	断端子盤	もんじゅプラント内各設備の信号を集約し、MIDASに中継するための端子盤。
データ収録ハードウェア (ICU)	データ収録ハードウェア (シーケンサ)	断端子盤からプラントデータを収集し、データ収録計算機へ送信する装置。
データ収録計算機	データ収録計算機	送信されたプラントデータを目的別に収録し、そのデータをデータサーバ計算機へ送信する。また、編集したプラントデータを居室WS (利用PC) へ配信する装置。
OP-BOX	OP-BOX	オペレータボックス。試験データ収録の開始/終了などの操作を行うための装置。
データサーバ計算機	データサーバ計算機	データ収録計算機から送信される各種データファイルをMOライブラリ (ディスクアレイ装置) へ蓄積・管理し、データを居室WS (利用PC) へ、配信すると共に、WebモニタのHTTPサーバとしてデータの抽出、閲覧を行う装置。
オンライン中継サーバ計算機		
MOライブラリ	ディスクアレイ装置	各種データファイルを蓄積・保存する装置
中制WS	管理PC	MIDASシステム環境の設定を行うPC。
居室WS	利用PC	データ収録計算機またはオンライン中継サーバ計算機 (データサーバ計算機) より配信されるリアルタイムデータを閲覧するPC。
一般PC	一般PC	蓄積されたプラントデータをWebブラウザを介して抽出、閲覧、ダウンロードがするPC

※前システムと更新システムでは、装置の呼称が異なるため、説明文中で装置名を使用する場合、「前システム装置呼称（更新システム装置呼称）」と記載した。

以下、更新システムの機器構成上の特徴について、前システムからの改善点を中心に示す。

(1) データ収録ハードウェア

前システムのデータ収録ハードウェアとしては、もんじゅの仕様に基づき製作したICU（プロセスインタフェース制御装置）を使用していた^(注2)。

更新システムでは、ICUと同等の精度が保証できるシーケンサを採用した。MIDASの場合、アナログ入力信号512点（16bit/点）、デジタル入力信号128点のデータ収集を行うため、1台のシーケンサではアナログ入力信号が処理できないため、2台のシーケンサでデータ収録ハードウェアを構成した。シーケンサは、原子力発電所などの放射線管理向けのデータ収集装置や入退出管理の制御などで利用されている様に24時間連続で使用されるシステムで利用されており、信頼性が高い。シーケンサは、前システムのような特注品でないため、コストパフォーマンスに優れ、部品の確保など、保守性も向上した。

(2) データ格納装置

前システムのデータ格納装置は、構築当時の、磁気ディスクが高価であったことや、磁気ディスクの容量の問題から、MOライブラリを使用していた。MOライブラリは、大容量のデータの保存性には優れていたが、データ抽出時のレスポンスが遅いという問題点があった。

更新システムでは、磁気ディスクにより大容量のデータの保存ができ、かつ信頼性があり、データ抽出時のレスポンスの向上を図ることができるディスクアレイ装置を採用した。さらに、万一のディスクデータ破損事故によるデータの消失を防止するため、LTOライブラリ装置を導入し、毎日のデータを自動的にバックアップしている。

(3) リアルタイムデータ表示用端末装置

前システムでは、当時の技術的な背景から高価なUNIXワークステーション上でデータ表示機能を構築していた。

更新システムでは、PC上で動作する一般的なパッケージであるLabVIEWを用いて構築した。これにより、従来は専用のUNIXワークステーションを用意し実現していた機能を、イントラネットに接続された既存の一般用PCから利用できるようになり、機器コストと設置スペースが低減できたほか、変化するニーズに合わせて端末の配置（設置場所や設置台数）をユーザ側で容易に変更できるなど利便性が大幅に向上した。加えて

(注1) 過渡信号には、デジタル信号（接点信号）が用いられる。この信号の接点が「閉」になったとき、過渡発生とみなす。

(注2) 前システム構築時、既製品のアナログ入力装置では512点を100msecで収集する事が困難であり、もんじゅの要求事項に基づいたアナログ入力装置を特別に製作した。

LabVIEWは、画面のレイアウト変更が容易な他に、直感的に分かりやすいプログラム作成が可能である(図3参照)ため、作成したアプリケーションの変更を容易にかつ短時間で行うことができる。さらに一般用PCから利用する方式を採用したため、ユーザID、パスワードによる認証を行い、サーバへの不正アクセスを防止することとした。

(4) システム管理用端末装置

前システムでは、データ表示用端末装置と同様に、UNIXワークステーション上で構築していた。

更新システムでは、PC上で動作するVisual Studio .netを用いて構築した。これにより、機器コストと設置スペースを低減できたほか、身近なPCからシステム管理が可能となるなど、保守管理業務の負担軽減に貢献できた。本機能では、システムに関わる重大な変更が可能な管理者機能と、一般ユーザ利用機能がある。Visual Studio独自の機能である、実行時にオプションを付加することにより、実行環境を選択することにより、管理者環境による実行を保護している。さらに、ユーザID、パスワードによる認証を行い、サーバへの不正アクセスを防止することにより、システム情報の保護を強化した。

(5) データサーバ計算機の合理化

前システムでは、収録したデータを蓄積する目的でデータサーバ計算機を導入した。その後、収録したプラントデータを一般PCへ配信し、モニタリングする機能が必要となったが、当時のデータサーバ計算機は、データの蓄積や蓄積データの利用機能などを動作させるためにCPU能力やメモリ容量といった、計算機資源の大半を使用した。そ



図3 LabVIEWプログラム例

こで、プラントデータを一般PCに配信する機能を実現するため、オンライン中継サーバ計算機を導入し、データサーバ計算機と機能を分散していた。

更新システムでは、当時の計算機よりも高性能な計算機が安価で入手することが可能となったため、一台の計算機でデータサーバ計算機とオンライン中継サーバ計算機の機能を実現することが可能となった。

3.3. システムの機能構成

更新システムの各機能は個々の機能要素について整理・検討した結果、プラントデータの収録機能、収録データの蓄積機能、リアルタイムデータ表示機能、システムの管理機能という4つの主要機能に分類し再構成した。以下に各主要機能とその内容を示す。

(1) プラントデータの収録機能 (データ収録サブシステム)

①データ収集機能

データ収録ハードウェア(シーケンサ)と通信しプラントデータの収集、編集を行う機能である。データ収集機能は1秒ごとにデータ収録ハードウェアと通信し、データをメモリバッファ上に格納する。

②定常データリカバリ機能 (定常データファイル収録)

データ収集機能で収集されたプラントデータからの1秒間隔のデータを抽出し、定常1秒値データファイルに収録し、データサーバに最新の1秒値データを送信する機能である。こうして、24時間連続運転による常時データの収録が可能となる。

③データ収録機能

データ収集機能で収集されたプラントデータを、ファイルに収録する機能である。本機能では、以下のデータの収録を行う。

- ・ 過渡データ
- ・ 試験データ

(2) 収録データの蓄積 (データサーバサブシステム)

①データ格納機能

データ収録計算機より受信したプラントデータを、工学値変換し、対応するデータファイル(定常1分値データ、定常1秒値データ、試験データ、

過渡データ)を作成、更新する。

②工学値変換機能

指定された種別(定常1秒値、試験、過渡)のデータファイルを工学値変換するとともに、データに欠測が発生した場合、欠測値を埋め込む。

③自動蓄積機能

格納された各種データファイルを一定間隔で監視し、一定期間経過したファイルを圧縮してデータ格納装置へ格納する。

④データ受信配信機能

データ収録計算機より受信したプラントデータを受信し、利用先に配信するとともに最新データファイルに格納する。

(3) 収録データの利用 (データサーバサブシステム、データ利用サブシステム)

①Webモニタ機能 (データサーバサブシステム)

最新データファイルを作成し、格納する。格納したデータは、もんじゅ所内LANに接続されている一般PC上から、HTTPサーバを介してグラフ表示する。グラフ表示をする際、常時一定間隔でグラフの更新を行う。

②データ抽出機能 (データサーバサブシステム)

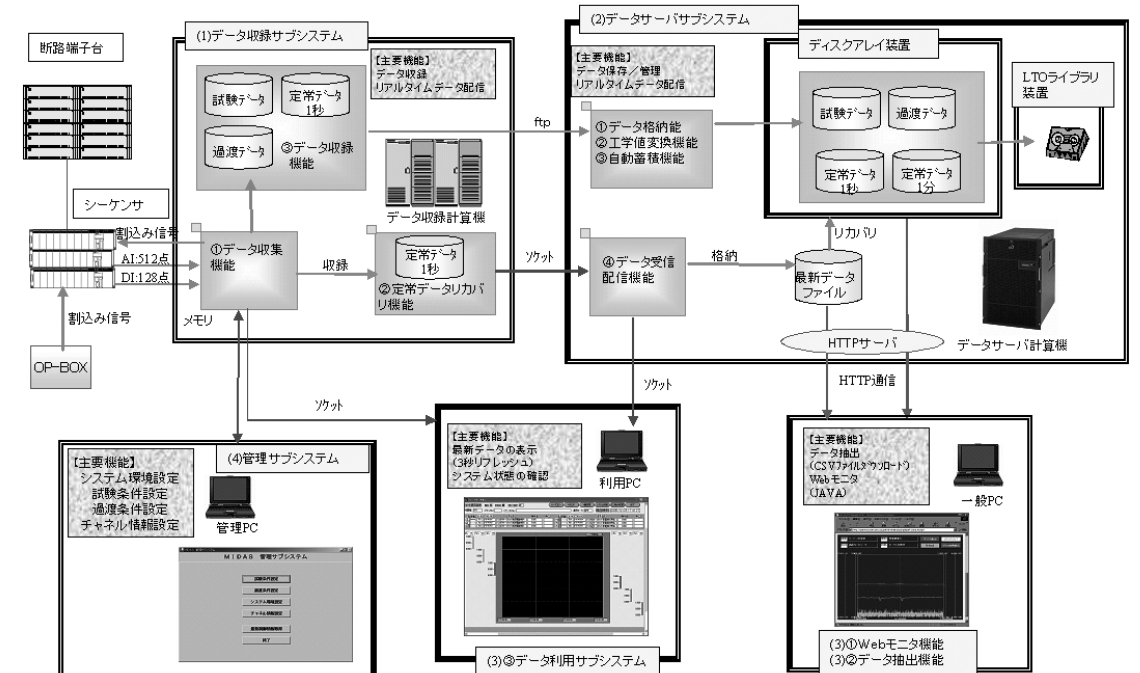


図4 MIDASシステム全体概要図

もんじゅ所内LANに接続されている一般PC上から、HTTPサーバを介して、蓄積されている各種データ(試験、過渡、定常)の検索、抽出を行い、グラフ表示やダウンロードをする。

③リアルタイムデータ表示機能 (データ利用サブシステム)

データ収録計算機もしくは、データサーバ計算機から、3秒間隔で配信されるプラントデータを受信し、3秒間隔リフレッシュでリアルタイム表示する。また、オンラインのシステム状態を確認することができる。

(4) システムの管理機能 (管理サブシステム)

データ収録計算機から送信されたデータ(システム制御情報)をもとに、MIDASシステムの各種設定の操作を一括して行う。以下の設定が可能である。

- ・ 試験データ収録条件の設定
- ・ 過渡データ収録条件の設定
- ・ システム環境の設定
- ・ チャネル情報の設定

図4にMIDASシステムの全体概要図を示す。

4. おわりに

今回のMIDASの更新により、プラントデータ収録ハードウェアにシーケンサ、データ格納装置に磁気ディスクアレイ装置を採用したことにより、機器の信頼性が向上した。管理サブシステム、利用サブシステムに、一般PCと汎用パッケージを採用することにより、コストパフォーマンスの

向上、利便性の向上も実現した。また、機能面においては、データ利用にあたって、セキュリティの強化が図れた。

今後は、「もんじゅ」再起動後の性能試験や本格運転を通じて得られる貴重な実機データの確実な保存と、円滑な利用を可能とする設備環境を提供することを通じて、今後のFBRプラントの研究開発に貢献することが期待される。

Fresh Information

富士電機システムズ

富士電機システムズの新製品のご紹介

～アモルファス太陽電池「FWAVE (エフウェーブ)」～



アモルファス太陽電池「FWAVE」

「アモルファス太陽電池『FWAVE (エフウェーブ)』」は、富士電機システムズの新製品です。

太陽電池の世界市場規模は従来、年率30%の成長が予測されてきましたが、原油高や地球温暖化問題などの影響でここ2年は生産量は54%も伸びており、今後も引き続き増加する事が見込まれています。



熊本工場

2006年11月24日に竣工した熊本工場で製造されたアモルファス太陽電池「FWAVE」は、今後、国内市場のみならず、ドイツをはじめとするヨーロッパ諸国をはじめ、太陽電池の需要が伸びる事が見込まれている中国等、海外に向けて販売されます。

製品の特長

「軽い」 重量：1 kg / 1 m² (従来の結晶系太陽電池の1/10以下)

「薄い」 厚さ：1 mm

「曲がる」 曲面やデザインの複雑な建物や壁にも設置可能

「環境負荷低減」

- ・ 枯渇が懸念されているシリコンの使用量が極めて少ない (厚みで比較すると1/100～1/200)
- ・ 生産の際のエネルギー消費量減 (結晶系の1/2)

「優れた性能」

- ・ 光の吸収領域が広いので、雨天や曇天時にも発電可能 (結晶系より年間約1割増)
- ・ 真夏などの高温時にも発電効率が下がらない

お問い合わせ 富士電機システムズ株式会社 制御システム本部 太陽電池統括部 熊本工場
〒861-0814 熊本県玉名郡南関町 肥猪4003-1
TEL：0968-66-5011

YBCO超電導モータの開発

Development of Superconducting Motor with YBCO High Temperature Superconducting Tapes

今野 雅行* 長谷 吉二** 佐藤 寿洋*** 富岡 章****
Masayuki Konno Yoshiji Hase Toshihiro Sato Akira Tomioka

〔概要〕

富士電機は、国際超電導産業技術研究センターからの委託で九州大学と共同でイットリウム系高温超電導線材を用いた15kWのモータを開発した。超電導モータは、負荷試験を行うとともに、水中推進用プロペラを取付け、実際に水中での負荷試験を実施した。今回開発した超電導モータは、イットリウム系超電導線材を用いた日本ではじめてのモータであるとともに、容量的には、当時世界最高出力のものであった。(今までは、2005年に米国でIGC Super Power社とRockwell社が作成した5.6kWが世界最高)

本稿では、基本設計から各種確認試験ならびにモータの性能試験を行い完成までの概要を紹介する。

1. はじめに

高温超電導の分野では、線材開発が積極的に展開されており、特に最近では、イットリウム系高温超電導線材(YBCO線材という)の開発研究が盛んである。YBCO線材は、ビスマス系高温超電導線材などに比べ、低コスト化が望めること、ならびに高磁界での許容電流が高いなど優れた面があり、将来的に有望視されているものである。ただし、まだ開発段階であり、製作能力としてもチャンピオンデータでも数百メートルであり、通常は数十メートルが限界の状況であった。

富士電機は、(財)国際超電導産業技術センター殿ならびに線材の供給メーカーである(株)フジクラ殿からの依頼で、10mm幅のYBCO線材を用いた超電導コイルの製作を行っており、YBCOコイル化の経験を有していた。

今回、イットリウム系高温超電導線材の実用化の目処を示すことならびに、機器開発としての将来性を示すことを目的として、(財)国際超電導産業

技術研究センター殿より機器(モータ)への適用性評価の依頼が有り、取り組むこととなった。

2. 基本仕様の検討

高温超電導線材を用いた同期モータとしては、電機子コイルと界磁コイルを軸に垂直に並べたアキシアルギャップ方式と同軸上に配置したラジアルギャップ方式とがある。ラジアルギャップ方式は、大容量化に適しており、一般モータに広く用いられている方式である。

今回開発を進めたモータは、将来的な大容量化を念頭に置き、ラジアルギャップ方式を選択した。

また、界磁コイルの配置としては、固定子側に配置する方式と回転子側に配置する方式の2通りある。今回は、YBCO線材を用いる初めての電動機であり、開発の第一ステップとの位置づけであるため、直流コイルである界磁コイル側のみを超電導化することとし、界磁コイルを固定子側に配置することとした。

YBCO超電導モータの基本仕様を表1に示す。

表1 超電導モータ基本仕様

形式	回転電機子形界磁超電導方式
電圧	360V (INV入力: 400V)
相数	三相
出力	15kW
回転速度	360min ⁻¹
極数	8
励磁方式	ブラシ付
周波数	24Hz
電流	32A

表2 超電導モータの設計仕様

	固定子(界磁)	回転子(電機子)
コア外径	435mm	230mm
コア内径	276mm	
シャフト径		100mm
鉄心長	254mm	250mm
極数/コイル数	8	36
ターン数	35	2×24
電線サイズ	10mm×0.1mm	φ1.3mm
電線種類	YBCO線材	エナメル電線

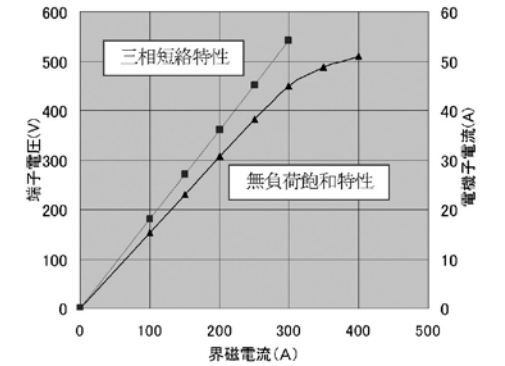


図1 無負荷飽和特性および三相短絡特性

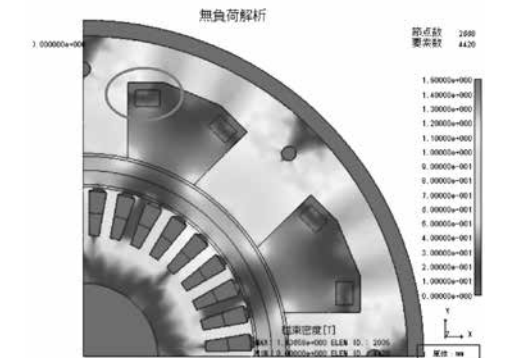


図2 無負荷時の磁束密度分布(コンタ表示)

3. 基本設計

YBCO線材の臨界電流密度は外部磁界の大きさと鎖交する角度および周囲温度に依存するため、回転機に超電導コイルを使用する場合には、漏れ磁束による影響を検討する必要がある。そこで、超電導同期モータの無負荷時および負荷時における超電導コイル付近の磁場解析と無負荷飽和特性などのモータとしての特性解析を行った。

3.1. 設計仕様

表1の基本仕様に基づき設計した超電導モータの設計仕様を表2に示す。界磁巻線に超電導コイルを使用し、この界磁を固定子とした回転電機子形とした。また、超電導コイルはシングルパンケーク巻とした。

3.2. 無負荷飽和特性

図1に超電導モータを駆動機で回して発電機として運転した場合の無負荷飽和特性と三相短絡特

性の解析結果を示す。無負荷飽和特性は電機子を開放し界磁電流と端子電圧の関係を示したものである。本試作機はエアギャップが広いため定格電圧の1.2倍程度まで飽和しない設計となっている。

三相短絡特性は電機子を短絡し界磁電流と電機子電流(短絡電流)との関係を示したものである。無負荷飽和特性上の定格電圧(=360V)における界磁電流と三相短絡特性上の定格電流(=32A)における界磁電流の比を短絡比と呼び、短絡比が大きいほど定常安定度が高い機械となる。本試作機では短絡比が1.3となり、一般産業用の常伝導同期発電機(約0.5)に比べ安定度が高いものとなっている。

3.3. 無負荷時の磁束密度分布

解析モデル全体の磁束密度分布(コンター表示)を図2に示す。磁束密度は固定子ヨークで約1.2T、ポール部で0.9T、ギャップ部で0.5Tとなった。超電導コイルと鎖交する磁束に関しては超電導コイ

* 富士電機システムズ(株) 発電プラント本部原子力統括部技術部

** ジャパンモータアンドジェネレータ(株) 技術部

*** 富士電機システムズ(株) 技術企画本部回転機センター中型回転機部

**** 富士電機アドバンステクノロジー(株) 生産技術センター機器技術研究所

ル部分を拡大したものを図3に示す。

図3の長方形の部分が超電導コイルで、この超電導コイルと鎖交する磁束は外径側（図の上側）が小さく、内径側（図の下側）が大きくなっており、外径側で0.05~0.1T、内径側で0.3Tとなった。

超電導コイルの臨界電流密度が最も低下する40°付近で磁束と交差する部分は、コイルの内径側の磁極と反対側（同図、長方形の右下すみ）で、このときの磁束密度は0.3Tとなった。

3.4. 負荷時の磁束密度分布

図4に超電導コイル部分を拡大した磁束密度分布を示す。磁束密度の分布は無負荷時と似ているが、超電導コイルと鎖交する磁束密度の最大値は無負荷時より若干増えて0.45Tとなった。

超電導コイルの臨界電流密度が最も低下する40°付近で磁束と鎖交する部分は無負荷時と同じコイル断面における右下部分となり、磁束密度は0.4Tとなった。

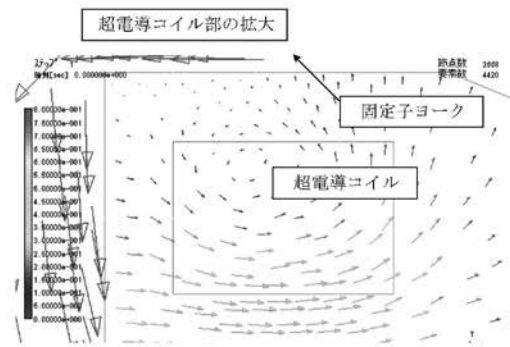


図3 無負荷時の磁束密度分布（ベクトル表示）

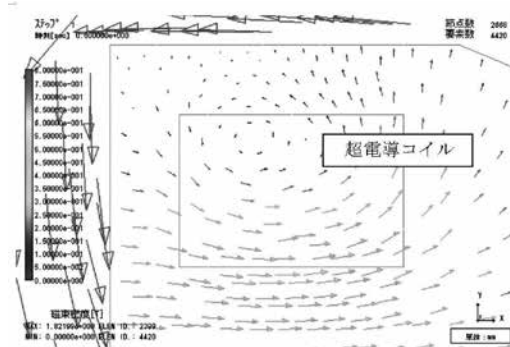


図4 負荷時の磁束密度分布（界磁295A、電機子32A）

3.5. 負荷特性

定格出力における負荷電流と界磁電流の関係を図5に示す。定格電流32Aで当初計画より若干増加して、界磁電流は295Aとなった。

3.6. 基本設計まとめ

超電導コイルと鎖交する磁束密度の最大値は0.45Tとなった。超電導モータの定格出力時の界磁電流は295Aとなり当初計画値より増加したが、図6に示すYBCO線材の臨界電流から、温度30K、外部磁場0.5T、磁界角度50°で約350A流すことができると予想されるため、当初予定した性能を満足させることを確認した。

4. 試作コイル試験

実機コイルと同一形状の超電導モータ用レーストラックコイルを試作し、冷却して通電することにより、特性劣化の有無を検証することとした。尚、冷却条件や磁界などが実機と異なるが、モータ

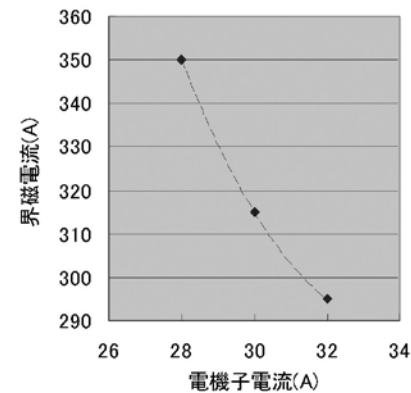


図5 負荷特性

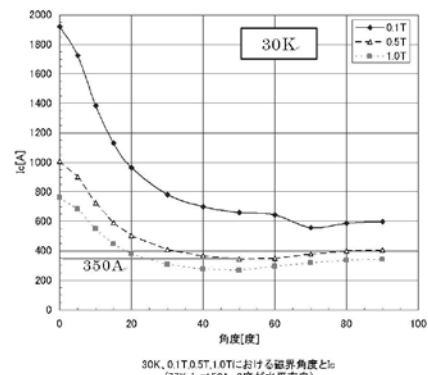


図6 臨界電流の磁界角度依存性（30K）

タの設計電流である300A通電可能かを主目的としている。

4.1. 試験装置

コイル仕様を表3に、コイル外形を図7に示す。このコイルに冷却用の伝熱板を取付けて伝導冷却可能な構造とした。伝熱板取付け後の外観写真を図8に、試験装置組立状態を図9に示す。

表3 コイル仕様（空心、1コイル）

コイル形状	レーストラック型
曲線部巻線内半径	R35mm
直線部長さ	250mm
コイル幅	10.3mm
コイル厚さ	10.5mm
設計電流	300A
ターン数	35.5ターン
磁界（300A）	
水平方向最大	0.40T
垂直方向最大	0.35T
中心	0.11T
インダクタンス	0.47mH
線材長（理論値）	27m

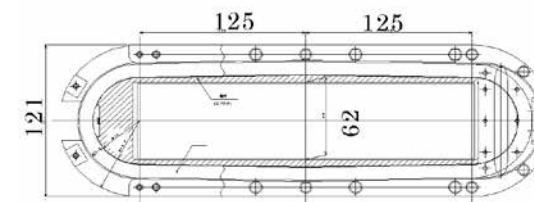


図7 コイル外形図



図8 コイル外観

4.2. 試験結果

コイル温度10K、20K、25K、27Kで通電試験を行い、それぞれの温度において、340A、400A、420A、400Aまで通電した。コイル電圧と電流の関係を図10に示す。

通電した範囲では、電極などの常電導電圧のみであったことから、レーストラック型で巻線する構造による特性劣化はないと判断できる。

25Kにおける電流と温度の時間推移を図11に示す。発熱量は最大420Aにおいて約30mWと非常に小さく、図11からも判るように温度上昇は観測されなかった。

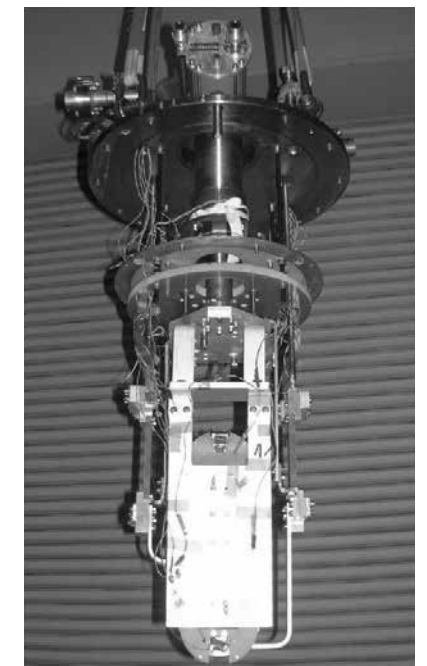


図9 試験装置（輻射シールド取付け前）

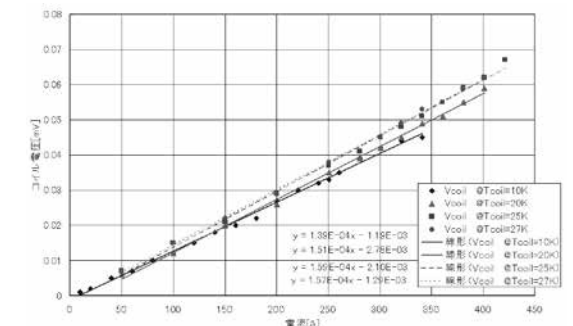


図10 コイル電圧-電流

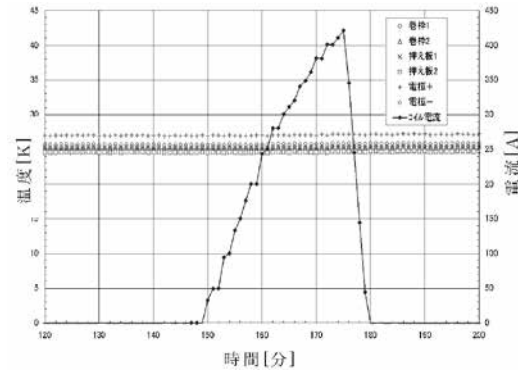


図11 25Kにおける電流，温度の時間推移

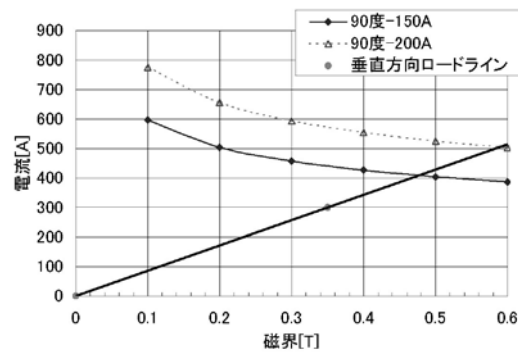


図12 ロードライン (Icは30Kの計算値)

4.3. 考察

ロードラインとIc曲線を図12に示す。Ic曲線については、素線の77KにおけるIcを150Aと200Aとした場合の垂直方向磁界（90度）Ic-B特性を示している。

77KIc150A線材では、400AでIcを超えることとなる。今回の試作コイルでは、77KのIcが200A線材であるため、400AでもIcに到達せず、フロー電圧が発生しなかったものと考えられる。

今回の巻線で特性劣化が認められなかったため、本構成でコイル製作が可能であることが確認できた。

5. 超電導モータ製作

試験結果に基づき、超電導界磁コイル，クライオスタット，固定子，回転子を製作し組立を実施した。

界磁コイル，クライオスタットの組立を図13に，回転子と固定子の組立を図14に示す。

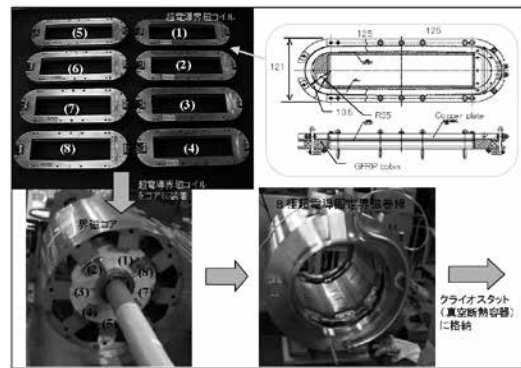


図13 クライオスタット組立

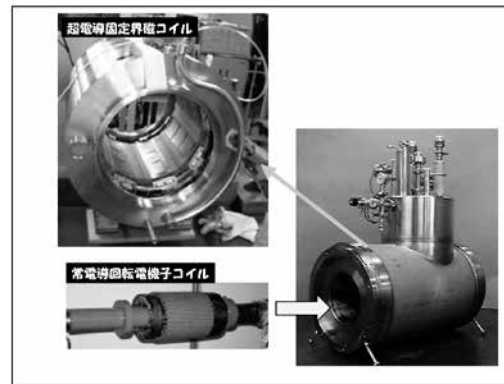


図14 固定子，回転子組立



図15 超電導モータ

また，超電導モータ完成写真を図15に示す。

6. 性能評価試験

完成した超電導モータを冷却し，界磁コイルの冷却通電確認を行い，各コイルの劣化がないことを確認後，負荷試験を実施した。試験結果を図16に示す。

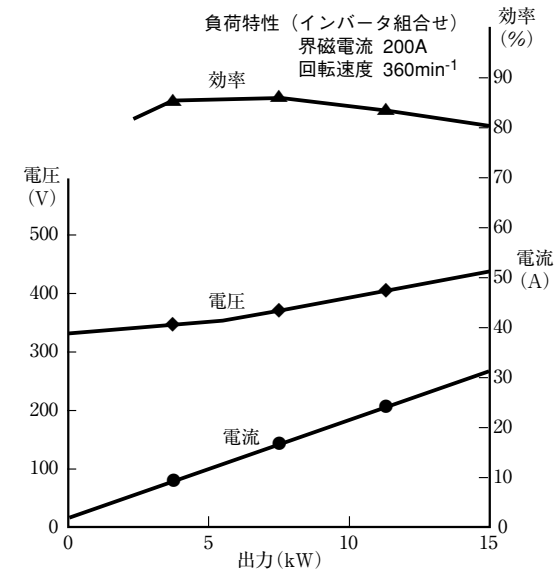


図16 負荷試験結果

7. まとめ

今回，高温超電導線材として最も有望視されているYBCO線材を用いて，超電導モータを試作し，その適用性を実証できた。

今後は，超電導モータとしての有効性を追求，実証するため，回転界磁形，さらには，無鉄心形など検討を進めていく予定である。

放射線監視システム Radiation Monitoring System

伊藤 勝人* 安友 克美** 神谷 栄世**
Katsuhito Ito Katsumi Yasutomo Eisei Kamiya

〔概要〕

放射線監視システムは、施設内の作業環境の放射線状況や施設外に放出する気体、液体の放射能濃度の監視を24時間連続で行うためのものであり、非常に重要なシステムに位置付けられている。

富士電機システムズは、放射線検出部をインテリジェント化して放射線計測特有の機能を放射線検出部に集約し、中央への情報伝送および情報処理に最新技術を取り入れた放射線監視システムを開発した。

1. はじめに

原子力施設では、施設に従事する者および周辺住民の放射線防護の観点からさまざまな法令、基準に基づいて適切な放射線管理を行っている。放射線監視システムは、施設内の作業環境の放射線状況や施設外に放出する気体、液体の放射能濃度の監視を24時間連続で行うためのものであり、非常に重要なシステムに位置付けられている。

放射線監視システムは、各作業場所に放射線検出部を設置し、そこから得られた信号を中央制御室に伝送し、放射線監視盤にて放射線レベルや警報発生の有無を集中監視するとともに、放射線管理用計算機にてデータ処理を行い、画面や帳票を出力するものである。

従来のシステムは、放射線という極微弱な信号を電気信号に変換しその信号を増幅、伝送しなければならないこと、また、測定する放射線の種類により検出機構が異なっており、それに起因して後段の信号伝送方法が異なっていることから、各作業場所に設置された放射線検出部と中央制御室に設置の放射線監視盤とは1対1にケーブル接続

された構成となっていた。この基本的システム構成は、従来から大きな変化がみられず、多数の放射線モニタが複数施設に分散配置されたような大規模な放射線監視システムではシステム構成上大きな制約を受けることとなる。

近年、原子力施設の放射線管理の高度化が進むなかで、放射線監視システムに対して、より一層の信頼性の向上や保守・点検の省力化、監視機能の向上が求められてきた。

一方、技術開発面においては、ICなどの半導体技術、情報処理技術の開発の進歩がめざましい。

このような背景のもと、富士電機システムズは、最新技術を取り入れた放射線監視システムを開発したので紹介する。

2. 放射線監視システムの概要

放射線監視システムの開発は、図1に示した方針により行った。

- (1) 新しい放射線センサの開発を行うこと。
- (2) 放射線検出部をインテリジェント化し、信頼性、保守性を向上するとともに従来現場と中央に分散していた放射線計測特有の機能を放射

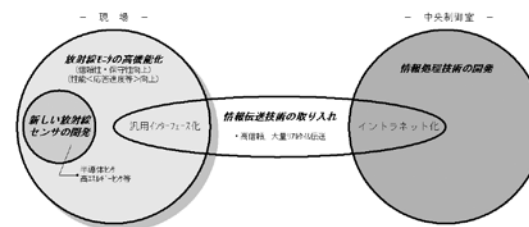


図1 放射線監視システムの開発方針

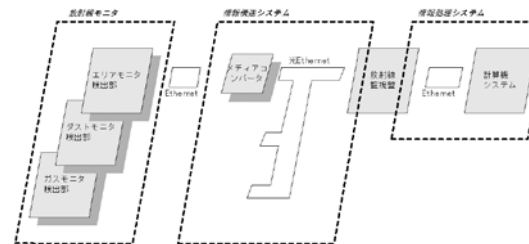


図2 放射線監視システムの概念図

線検出部に集約し、伝送インターフェースの汎用化を図ること。

- (3) 放射線検出部から中央制御室までの信号伝送に最新の情報伝送技術の取り入れを行い、高信頼、多量リアルタイム伝送化を図ること。
- (4) 放射線管理用計算機には、最新の情報処理技術の開発を適用すること。

これらの開発方針に基づき開発したシステムの構成を図2に示す。

放射線モニタには、放射線計測に必要な全ての機能を集約し、信号処理結果をデジタルコード化情報として出力を可能とした。この伝送インターフェースは、モニタの種類によらずIEEE-802.3規格(Ethernet)を採用した。また、常時自己診断機能、遠隔自動点検機能を付加し、保守・点検の大幅な省力化を実現した。なお、放射線センサは、従来のセンサに加えて、新しく大面積半導体センサを開発した。

情報伝送システムは、検出部接続台数や施設規模に応じて自由に構築できる。図2はIEEE-802.3規格(Ethernet)の大規模システムの構成例で、各放射線検出部からはIEEE-802.3規格(Ethernet)に規定される100BASE-TXで出力され、メディアコンバータを介して中央の放射線監視盤へ多量の情報を光伝送する。

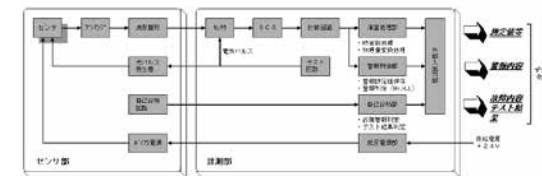


図3 放射線検出部の機能構成図

放射線管理用計算機には、最新の情報処理システムであるWeb技術を採用し、関係者および関連部門全体で監視情報の共有化を行い、リアルタイム監視機能強化や情報公開を可能とした。

3. 放射線モニタ

放射線検出部の機能構成図を図3に示す。従来の放射線モニタは、現場にセンサ、プリアンプのみが設置され、残りの機能は全て放射線監視盤に収納されていた。従来は、各センサの種類に応じ専用のハードモジュールを複数個組合せてモニターループを構成していたが、今回ワンチップマイコンを使用し、これら全ての機能を1枚のCPUボードにまとめて検出部に収納した。

放射線検出部は、センサ部と計測部より構成されており、モニタの種類によらず共通している機能は計測部に持たせ、測定対象放射線に応じて異なる部分はセンサ部側に機能を持たせている。

放射線検出部は、以下の常時自己診断機能を有しており、異常時は自動で中央へ通知できる。

- ①ディスクリレベル常時監視
- ②バイアス電圧常時監視
- ③CPUチェック(RAM, ROM)
- ④DO/AO常時監視
- ⑤温度異常常時監視

さらに、中央からの遠隔指令を受け、以下のテストを自動で実施し、結果を中央へ通知できる機能を有している。

- ①光パルステスト

内蔵光パルス発生器より光パルスを発生させ、センサを含めたモニターループ全体の健全性の確認を行う。

光パルス周波数は、放射線監視盤にて任意に設定可能である。

- ②警報テスト

* 富士電機システムズ(株) 放射線システム部 技術第二課

** 同社 放射線システム部 技術第一課

内蔵警報回路の健全性を確認するもので、入力データをアップダウンさせ、警報出力を確認する。

③上下限校正

内蔵テスト回路により電気パルスが発生させ、測定範囲上限および下限まで計数することを確認する。

放射線検出部の主な仕様を表1に示す。また、一例としてn線エリアモニタを図4に示す。

また、中央への伝送のためのインターフェースの仕様は以下の通りである。

①伝送方式：IEEE-802.3規格 (Ethernet)

伝送項目：放射線測定値、警報内容、故障内容、テスト結果など

4. 信号伝送システム

放射線モニタの開発により、後段の中央への信号伝送システムは、施設の規模に応じてシステム構築が可能であり、その一例を紹介する。図5にシステム構成図を示す。

本システムは、1ループが最大30chの放射線モニタが接続可能であり、複数ループ構成とすることで大規模システムの構築が可能である。各放射線モニタからの信号はイーサネットスイッチングハブ (HUB) に入力され、メディアコンバータ (MC) を介して光Ethernetで放射線監視盤に伝送される。HUBには最大3chの放射線モニタが

表1 放射線検出部の種類と主な機能

モニタ種類	主要仕様	
	検出器	測定範囲
γ線エリアモニタ	半導体検出器	10 ⁻¹ ~10 ⁵ μSv/h
n線エリアモニタ	³ He比例計数管	10 ⁻² ~10 ⁴ μSv/h
α線ダストモニタ	半導体検出器	10 ⁻² ~10 ⁴ S ⁻¹
β線ダストモニタ	半導体検出器	10 ⁻¹ ~10 ⁵ S ⁻¹
β線ガスモニタ	プラスチックシンチレーション検出器	10 ⁻¹ ~10 ⁵ S ⁻¹
よう素モニタ	NaI(Tl)シンチレーション検出器	10 ⁻¹ ~10 ⁵ S ⁻¹



図4 n線エリアモニタ (左：センサ部 右：計測部)

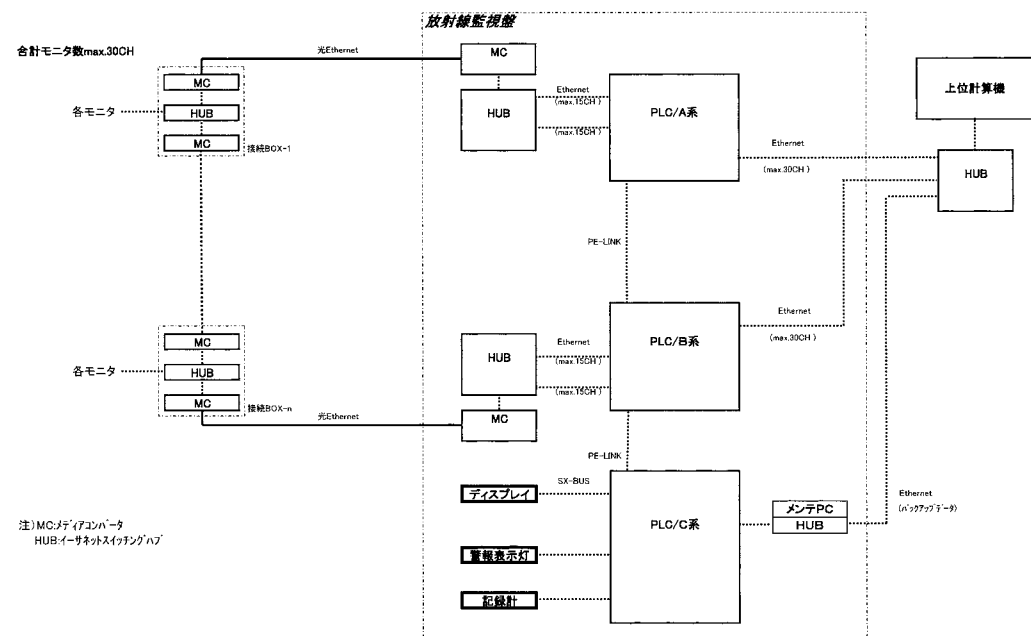


図5 放射線監視システム構成図

接続され、施設のレイアウトから適した場所に設置される。

放射線監視盤では、プログラマブルコントローラ (PLC) がA系、B系の2セットが収納され、光Ethernetの両端とMCを介して接続している。放射線モニタのデータは、これら両系に1秒周期に伝送され、現場LAN機器および監視盤LAN機器の故障時でもデータの収集を可能としている。

HUBは、システム共通とし、故障時には簡単に交換可能としている。

5. 放射線監視盤

放射線監視盤は、放射線モニタから送信される放射線データ、警報信号などを受信し、表示・記録すると共に、放射線管理用計算機にデータを伝送する機能を有する。

また、放射線モニタの遠隔自動点検指令、警報設定・変更操作などをタッチ式フラットディスプレイ上から行える機能を有している。

さらに放射線管理用計算機の故障を考慮し、数日間のデータバックアップを行っており、放射線管理用計算機の故障復旧時にオンラインでバックアップデータの送信が行える。なお、万一、放射線管理用計算機の復旧が数日間以上に渡る場合には、外部接続のパソコンにデータセーブを行える機能を有している。

タッチ式フラットディスプレイは、最大30chの放射線モニタのデータを表示できるものであり、カラーLCDディスプレイが使用可能である。図6にカラーLCDディスプレイ上に表示した例



図6 フラットディスプレイの表示例

を示す。

タッチ式フラットディスプレイ上で行う主な機能を以下に示す。

- ①放射線データ：デジタル表示および対数バググラフ表示機能 (リアルタイム表示)
- ②警報表示機能：各ch個別に以下を表示 (リアルタイム表示) 「HH」/放射線高高, 「H」/放射線高, 「L/TBL」/放射線低・モニタ故障
- ③警報設定表示：バググラフ右側に設定レベル表示。また、個別chごとに数値表示
- ④警報設定変更：タッチ操作により、個別chごとに設定・変更可能
- ⑤個別点検機能：タッチ操作により、以下のテストを個別chごとに行える。
 - ・光パルステスト
 - ・上下限校正
 - ・警報テスト「HH」
 - ・リニアリティテスト
 - ・警報テスト「H」
 - ・外部信号テスト
 - ・警報テスト「L」
- ⑥モニタ状態：タッチ操作により個別chごとにバイアス電圧値、ディスクリレベルなどのモニタの詳細データを表示する。

6. 放射線管理用計算機

放射線管理用計算機は、放射線監視盤から伝送されたデータを受信し、放射線管理に有効な形にデータ処理を行い、画面や帳票を出力している。

放射線管理用計算機のハード構成例を図7に示す。各施設の放射線監視盤から基幹LANを介して放射線管理用サーバにデータが伝送され、データベースに一括保管される。放射線管理用サーバは2重化している。またハードディスクは各サーバ内でミラー構成としており、サーバ間、ハードディスク間の健全性のチェックを実施している。

サーバのオペレーティングシステムにはSolarisを、データベースにはオラクルを採用している。

各施設端末では、ブラウザソフトをインストールすることで画面を見ることができ、特別なソフトや設定作業が不要なため、端末増設が容易である。

放射線管理用計算機が行う主な機能を表2に示す。放射線監視盤からのオンラインデータやその他のバッチデータは、施設内のマップ画面や施設外への放出系統図画面上に表示すると共にトレンド出力も行える。マップは、測定場所の変更に対して、ユーザが簡単に測定点の追加や変更が行え

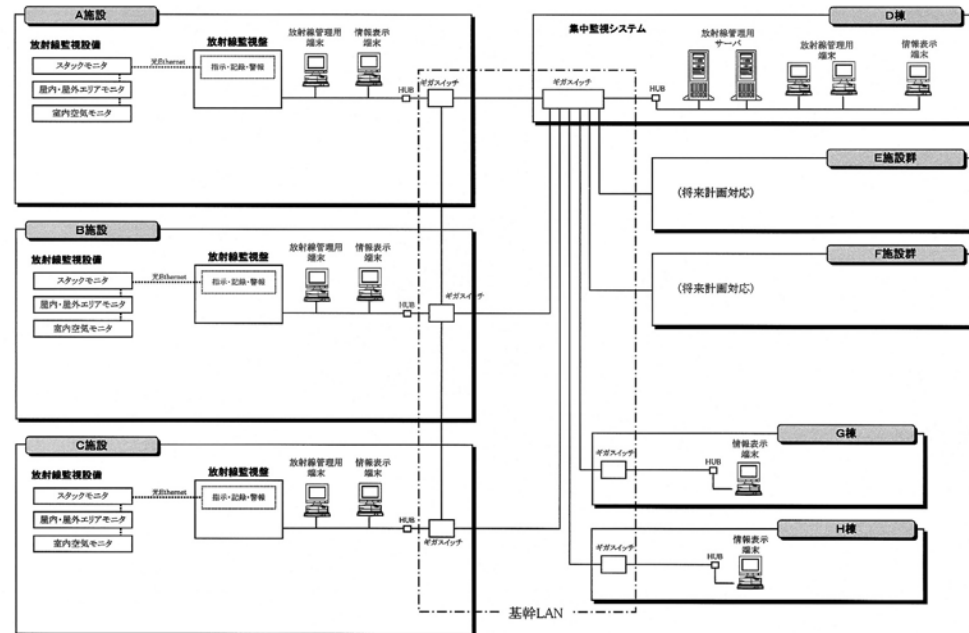


図7 放射線管理用計算機のハード構成例

表2 放射線管理用計算機が行う主な機能

機能名	機能概要
システム管理	二重化管理 警報メッセージ管理 セキュリティ管理
モニタ管理	プロセスモニタデータ収集(周期:2.5秒又は10秒ごと)、データ表示 プロセスモニタ状態監視(警報機能) 帳票編集・出力
気象管理	気象データ収集、データ表示 周辺公衆の線量評価 帳票編集・出力
データ管理	モニタサーバのデータ管理(1分値、10分値、1時間値、1日値)
区域管理	区域区分管理
固体廃棄物管理	廃棄物データ管理(封入データ、線量データなど) 貯蔵庫搬出入管理 帳票編集・出力
放出管理	放出放射能管理(気体・液体廃棄物など)
定期サーベイ管理	定期サーベイ条件登録 定期サーベイ測定値登録 定期サーベイオンラインデータ登録 定期サーベイ報告書

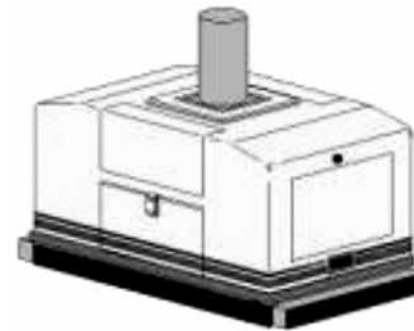


図8 自走式モニタの概観

るようにしている。トレンド出力は、複数モニタの組合せ表示やリアルタイム表示が行え、関係部署での同時監視が可能である。

7. 無線伝送システム

加速器施設では、加速ビーム室内のメンテナンスなどで人が立ち入る際に、あらかじめ放射線レベルを測定する必要があるが、常設のモニタの場合、放射線損傷による故障の可能性が高い。そこで、必要時のみ設置可能な自走式モニタを開発した(図8)。自走式モニタは、加速ビーム通路の数箇所に設置している無線アンテナと通信しながら、自動走行し、画像データや測定データをオンラインで伝送できる。監視画面を図9に示す。

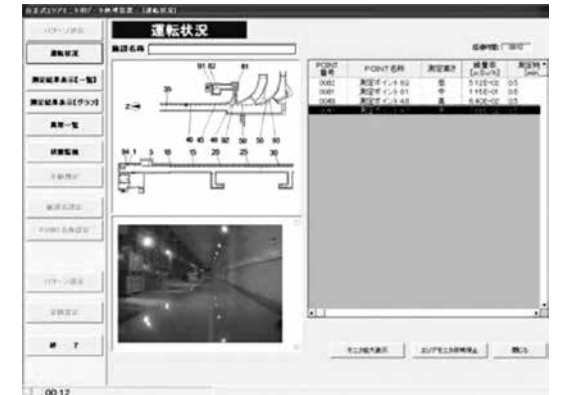


図9 自走式モニタの監視画面

8. あとがき

本稿では、原子力施設向けに開発した放射線監視システムについて報告した。これまでのシステムは、放射線という非常に微弱な信号を取り扱うという点で、時代の進歩に追従できず、大規模な放射線監視システムを構築する上で問題があった。今回開発したシステムは、放射線計測特有の機能を放射線検出部に集約し、信号処理結果をデジタルコード情報として出力できるようにしたことにより、システムを構築する上での制約がほとんど解消でき、今後ますます発展していくであろう情報処理技術の取り込みを容易にしたものと考えている。

また、放射線管理用計算機については、Web技術を採用したことによりデータの共有化を可能とした。一方、セキュリティ対策が重要な課題となっており、信頼性の高いシステムを開発していく所存である。

FAPIG の 機 構 (社名 ABC順)

(平成19年7月1日現在)

理 事 会・委 員 会・専 門 部 会・事 務 局

会 長 伊 藤 晴 夫 富士電機ホールディングス社長	理 事 杉 本 素 信 みずほCB常務執行役員
副 会 長 林 敏 和 カワサキプラントシステムズ社長	〃 荻 原 勉 清水建設常務執行役員
〃 田 邊 弘 幸 双日副社長	
	監 事 油 山 哲 也 みずほCB営業第十部次長
理 事 長 藤 史 郎 荏原製作所顧問	
〃 矢 内 銀 次 郎 富士電機システムズ社長	事 務 局 長 溝 口 忠 雄
〃 弓 場 英 明 富士通経営執行役上席常務	
〃 吉 田 政 雄 古河電工専務取締役	
〃 小 長 谷 保 平 古河機械金属取締役	

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 (12名)

- ◎ 白 川 正 広 (富士電機システムズ)
- 三 沢 秀 行 (荏 原 製 作)
- 藤 沢 盛 夫 (富士電機システムズ)
- 竹 石 均 (〃)
- 山 田 昌 彦 (富 士 通)
- 中 川 敏 一 (古河機械金属)
- 山 崎 誠 一 郎 (カワキアクトシステムズ)
- 土 井 一 晃 (み ず ほ C B)
- 吉 澤 顕 (双 日)
- 小 林 経 夫 (清 水 建 設)
- 溝 口 忠 雄 (事 務 局)
- オ ブ ザ ー バ ー
- 阿 部 修 一 (原 燃 工)

広報委員会 (9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)
- 笹 野 貢 (富 士 通)
- 岩 間 和 義 (古河機械金属)
- 湯 原 貴 浩 (カワキアクトシステムズ)
- 山 本 晴 彦 (み ず ほ C B)
- 村 野 博 一 (双 日)
- 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)
- 尾 崎 博 (富士電機システムズ)
- 組 田 泰 男 (荏 原 製 作)
- 瓦 井 健 二 (富 士 通)
- 湯 原 貴 浩 (カワキアクトシステムズ)
- 加 納 茂 和 (清 水 建 設)

高温ガス炉プロジェクト部会 (7名)

- ◎ 岡 本 太 志 (富士電機システムズ)
- 中 村 志 郎 (双 日)
- 田 沢 勇 次 郎 (富士電機システムズ)
- 前 川 勇 (カワキアクトシステムズ)
- 甲 斐 芳 郎 (清 水 建 設)
- 斎 藤 正 直 (〃)
- オ ブ ザ ー バ ー
- 加 藤 茂 (原 燃 工)

廃止措置プロジェクト部会 (7名)

- ◎ 武 伸 五 月 (カワキアクトシステムズ)
- 見 上 寿 (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)
- 鳥 居 和 敬 (清 水 建 設)
- 竹 田 正 幸 (荏 原 工 業 洗 浄)

バックエンド調査研究部会 (7名)

- ◎ 山 崎 誠 一 郎 (カワキアクトシステムズ)
- 藤 沢 盛 夫 (富士電機システムズ)
- 石 山 祐 二 (荏 原 製 作)
- 三 澤 真 (富 士 通)
- 井 上 桂 一 (双 日)
- 沢 本 雅 弘 (〃)
- 加 納 茂 和 (清 水 建 設)

品質保証部会 (8名)

- ◎ 高 橋 正 昭 (富士電機システムズ)
- 斉 藤 利 二 (カワキアクトシステムズ)
- 新 田 和 彦 (富士電機システムズ)
- 竹 山 敏 (荏 原 製 作)
- 児 玉 義 和 (富 士 通)
- 有 本 徹 (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

Morio Takemura

My First Stay in Provence in the South of France

FAPIG No. 175 pp.3~17 (2007)

According to the established agreement on the construction of the International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) in France, many engineers of the participant countries of the ITER project have left for their new assignments to the Cadarache work site since the middle of 2006. This paper reports on an overseas life, which has been experienced by the author for the first time, over a long period of time from last November with a focus on personal experience and impressions. With an introduction of the work site of the CEA research center of Cadarache, the place of residence Aix-en-Provence and the region of Provence where they are situated, there are described the environments and troubles in daily life, a wall of foreign language, and the pleasures of weekends.

KEYWORDS : ITER, thermonuclear, cadarache, Provence, France

Norikazu Kuchiki, Seishi Fukuda, Toshiya Kakuta, Kouji Satou, Seiichiro Yamazaki

Development of High-Frequency Induction Melting System for Radioactive Waste Disposal

FAPIG No. 175 pp.18~22 (2007)

The amount of low level radioactive solid waste is expected to increase because of dismantling of nuclear power plants and nuclear science research facilities. But disposal area for radioactive waste is limited, therefore it's important to reduce waste volume as low as possible.

Kawasaki Plant Systems, Ltd. has developed melting techniques for waste volume reduction. This is a high-frequency induction melting system using a nonconductive canister and AI-ring. This melting system can dispose low level radioactive waste of high efficiency and safety.

KEYWORDS : low level radioactive solid waste, high-frequency induction melting system, nonconductive canister, AI-ring

FAPIG No.175

平成19年7月24日印刷

平成19年度 第1号

平成19年7月31日発行 (非売品)

発行所 第一原子力産業グループ事務局

〒107-8655 東京都港区赤坂6丁目1-20

双日(株)内

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 ミズノブリテック(株)

〒104-0042 東京都中央区入船2-9-2

電話 (03) 5566-6677(代)

Daisuke Hashimoto, Keiichi Komatsu, Kenji Eguchi, Koji Morizono

Work of Plant Data Acquisition System for "MONJU"

FAPIG No. 175 pp.23~28 (2007)

The fast breeder reactor "MONJU" (hereafter "MONJU") is equipped with the system called "MONJU Integrated Data Acquisition System (MIDAS)" to effectively acquire, accumulate and analyze relevant real-plant process data gathered from the system start-up test.

At present, "MONJU" has been suspended due to a sodium leak accident that occurred in 1995. However, the main part of remodeling construction to prevent sodium leaks was completed in May, 2007 and "MONJU" is highly expected to resume its operations, stepping into the practical testing phase. In this situation, "MIDAS" has been replaced with an upgraded version before the system start-up test was resumed. This paper describes overview of the new "MIDAS" system.

KEYWORDS : MIDAS, real-plant process data



Masayuki Konno, Yoshiji Hase, Toshihiro Sato, Akira Tomioka

Development of Superconducting Motor with YBCO High Temperature Superconducting Tapes

FAPIG No. 175 pp.30~35 (2007)

Fuji Electric developed a 15kW synchronous motor with a fixed YBCO superconducting field winding. The motor was tested actually in the water with a propeller for underwater propulsion attached. This development of the superconducting motor that uses the YBCO superconducting tapes was the first prototype developed in Japan. The motor was capable to output the highest power in the world at the time. (The highest power motor had been a 5.6kW motor, which was made, by IGC Super Power, Inc. and Rockwell Automation, Inc. in U.S.A. in 2005.) This paper introduces an outline from basic design to completion of the motor including various verification tests and the performance test.

KEYWORDS : motor, superconductor, YBCO

Katsuhito Ito, Katsumi Yasutomo, Eisei Kamiya

Radiation Monitoring System

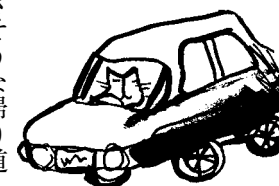
FAPIG No. 175 pp.36~41 (2007)

This radiation monitoring system is designed to perform 24-hour monitoring every day the radiation condition of working environments within such facilities and the radioactive concentration of gases and liquids emitted out of the facilities. It is a very important system.

Fuji Electric systems Co., Ltd. has radiation monitoring system that intensifies peculiar radiation measuring functions of radiation detectors by providing them with intelligent capacity, and that uses a computer system for the control of data processing and data transmission to the control unit.

KEYWORDS : radiation monitoring system, radiation detector units, computer control system, central processing system

カレンダーのうた



1月
北風がヒゲに凍りつきそうな帰り道
ネコ君が駄までむかえに
来てくれた
ああ、今日も色々あったよ

3月

春のほうへ

南へ

出かけよう

蝶々になった気分でき



5月

美しい緑のなかで 考える

妥協できないことを

風に吹かれながら 思う

やわらかく受け入れることを

本間ちひろ



7月 夏の素敵なこと
車からおりて
すこし歩いて
きれいなきれいな
水を飲む

9月 ネコくんの手帳から

大切なことはいつも間合おかないと

知っているから 急ぐんだし

大切なことはいつてもいいと

知っているから 急がないんだ

11月

ほら、手袋を出そう

ほら、マフラーを編もう

ヒュルル寒いとき

会いたい人が 好きな人



作者プロフィール

本間ちひろ Chihiro Homma

絵本作家・詩人・児童文学者1978年、神奈川県生まれ。

2003年、第5回絵本作家フェスタ奨励賞。2004年、第37回日本児童文学者協会新人賞。

東京学芸大学大学院修士課程修了。現在、東京学芸大学、白百合女子大学非常勤講師。

著書に『奥田準一の戦中と戦後』（高文堂出版社）。詩集『金魚のでんわ』『いいねこだった』（書肆

楽々）。絵本に『ABCブック』（らくだ出版）『ねこくんこんやはなにたべる？』（リーブル）。挿画

に『宮沢賢治童話絵本 注文の多い料理店』（につけん教育出版）など。雑誌「おかずのクッキング」

（テレビ朝日）の「ムッシュクレソンのお料理ノート」（レシピ・土井善晴）好評連載中。

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

カワサキプラントシステムズ株式会社

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

清水建設株式会社

双日株式会社

横浜ゴム株式会社