

《核燃料サイクル開発機構》

安全性・信頼性を第一に考えつつ、 約30台のLinuxサーバーを用いて 各種システムを運用。

核燃料サイクル開発機構 敦賀本部では、運用中のサーバーが約50台、そのうち約30台はLinuxで稼働しています。敦賀本部におけるIT部門である国際技術センター 技術情報グループは、Linuxの安定性・信頼性と、そのライセンス形態によるコスト削減効果を高く評価。1998年に運用を開始した施設 / 設備予約システムの構築以来、積極的にLinuxサーバーの導入を進めていった結果です。

今回の取材では、技術情報グループにおけるLinuxへの取り組みと、サーバーの運用・管理に対する基本的な考え方をお聞きしました。

[Japan Nuclear Cycle Development Institute]

Various systems operated using around 30 Linux servers with con- sideration given first and foremost to safety and reliability

There are currently around fifty servers in operation at the Tsuruga Head Office of the Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC), and about thirty of them are operated with Linux.

The Technical Information Group of the International Cooperation and Technology Development Center is the information technology division at the Tsuruga Head Office of JNC. The Group has a high opinion of Linux's stability and reliability and also greatly appreciates the cost reduction effect brought about by the method of public domain software. This is a consequence of the positive introduction of Linux servers after preparation the facilities and equipment of network system from 1998. In this article we take a look at how the Technical Information Group is tackling Linux and what is their basic approach being adopted to the operation and management of the servers.

サイクル機構と高速増殖炉「もんじゅ」

核燃料サイクル開発機構(以下、サイクル機構)は、核燃料サイクル技術の実用化のための研究開発や、その成果の民間への移転・技術支援を目的に、1998年10月に動力炉・核燃料開発事業団を改組して設立された特殊法人です。さらにこの先には、日本原子力研究所との統合も予定され、総合的な原子力研究開発を行う組織の設立に向けて調整が進められています。

サイクル機構 敦賀本部は、高速増殖炉「もんじゅ」をはじめとする各種施設のある敦賀地区において、地域に密着した事業を進めるために本社機能の一部を持つ組織として設立され(図1)「もんじゅ」関連の研究開発などを主業務としています。「もんじゅ」は、高速中性子によって燃料を増殖できる原子炉として、発電プラント機能や大型化への技術的可能性の確認のために建設され、1994年4月には臨界に達し、1995年8月に初

送電に成功。しかし試験運転中の同年12月にナトリウム漏えい事故が発生したことにより、現在は運転を停止して、プラントの安全な維持管理を行うとともに、運転再開に向けた活動を継続しています。

今回取材に伺った国際技術センターは、サイクル機構 敦賀本部に属し、「もんじゅ」にかかわる研究開発や教育訓練、国際協力および技術情報管理を行う部門として、1998年10月のサイクル機構の設立と同時に発足。「もんじゅ」再起動後の安全・安定運転や、高速増殖炉を用いた核燃料サイクル実現のための研究開発を進めています。また、2000年3月に完成した高速増殖炉サイクル総合研修施設を活用して、保守員やナトリウムの取り扱い訓練、さらにはサイクル技術全般にわたる研修を担うと同時に、国際協力や情報発信のための活動を行っています。





国際技術センターの役割

国際技術センターの主な業務は、大きく以下の四つに分かれます。

- 研究開発
「もんじゅ」の技術集約と「もんじゅ」を用いた研究開発。
- 教育訓練
「もんじゅ」の運転や保守に関する教育訓練。
- 技術情報
敦賀本部全体のIT(Information Technology: 情報技術)と成果情報にかかわる業務。
- 国際協力
高速増殖炉と新型転換炉にかかわる国際協力。
国際技術センター センター長 永田 敬氏は、国際技術センターの役割を次のように語ります。

「国際技術センターの活動の中で最も比重の高い業務は、やはり『研究開発』です。高速増殖炉にかかわる研究開発は大洗工学センター(図1参照)をはじめ、国立あるいは民間の研究開発機関、さらには海外の研究開発機関が取り組んでいます。われわれは『もんじゅ』プラントを直接対象として研究開発を行っている点が大きな違いになるかと思えます。それから『研修』も重要です。『もんじゅ』関連の技術研修ということになりますが、実際に運転や保守に当たる職員だけでなく、一般の方々にも高速増殖炉についてできるだけ正確な知識を持っていただきたいということで、一般向けの研修も実施しています。『技術情報』については、多くの企業・組織でも同じかと思いますが、かつてはドキュメント管理が仕事の中心でしたが、今日ではネットワークを活用した情報のマネジメントに業務がシフトしています。『国際協力』については、『もんじゅ』を国際公共財として活用していきたいという立場から、国際的な協力活動に係る事務処理を行っています」

高速増殖炉「もんじゅ」とは

国際技術センター 次長 榊原 安英氏は、高速増殖炉「もんじゅ」について次のように説明します。

「『もんじゅ』は、大洗工学センターの実験炉『常陽』の成果と経験に基づいて開発され、電気出力28万kWの発電設備を備えた原型炉です。その目的は、原型炉の開発を通じて設計・製作・運転の経験を積み、高速増殖発電炉の性能・信頼性・安全性を実証するとともに、経済性を検証することです。

高速増殖炉は、ウランを燃料とする一般的な軽水炉とは異なる幾つの特徴を有しています。まず、燃料にプルトニウム・

核燃料サイクル開発機構
敦賀本部
国際技術センター
センター長
永田 敬氏

Takashi Nagata
Director
International Cooperation and
Technology Development Center
Japan Nuclear Cycle Development
Institute



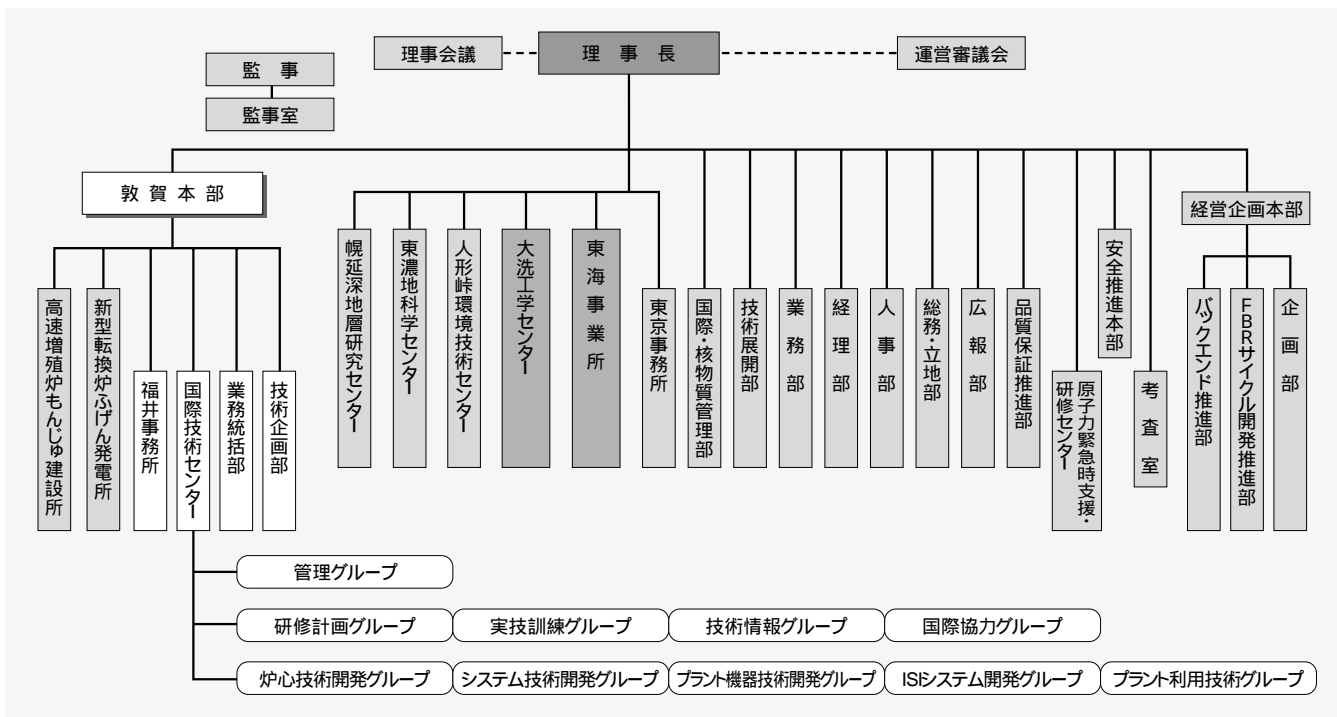


図1. サイクル機構の組織図

ウラン混合酸化物を使用し、高速中性子による反応を主体とした増殖可能な炉心であること。また、冷却材にはナトリウムを使用しています。原子炉で発生した熱は、1次ナトリウム系、2次ナトリウム系、さらに水・蒸気系へ伝達され発電機を回す仕組みとなっています。

エネルギー資源に乏しいわが国にとって、高速増殖炉は長期的なエネルギー安定供給と環境負荷低減に大きく貢献するとわれわれは考えており、そのための研究開発に取り組んでいます。ご存じのように『もんじゅ』の設置許可については司法の場での争いもあって、今後どうあるべきかというさまざまな議

論がありますが、こうした高速増殖炉の特徴を広く一般の方々に知っていただくこともわれわれの使命です」

技術情報グループの役割

技術情報グループの責任者であるグループ・リーダー 西田 優顕氏は、技術情報グループの業務を次のように語ります。「われわれの役割は、ドキュメントをいかに効率良くデータベース化し、それを社内だけでなく、広く社外でも利用できるように提供するということがあります。実際にはまだ紙のドキュメントがたくさん存在しますが、その方向に向けて整理を進めているところです。

当機構の目指すところは、いかにして安全かつ安定した原子力発電に取り組むかということですから、技術情報グループとしては、社内向けにさまざまなITシステムを提供するだけでなく、その安全性や安定性についてより多くの皆さんに理解していただくために、いかにして公開していくかということも一つの大きな課題となっています。『もんじゅ』の運転が止まって既に7年が経過していますので、運転再開に向けた理解活動の推進に、何らかの形でITを活用できないかというニーズに対応していこうということです。例えば、外部に向けて『もんじゅ』の状況を刻一刻とお知らせするといったことが考えられます。携帯電話などを使って、だれでも簡単に見られるようになればいいでしょうね。当然ながら、その基盤技術となるのはインターネッ



核燃料サイクル開発機構
敦賀本部
国際技術センター
次長
榊原 安英氏

Dr. Yasuhide Sakakibara
Deputy Director
International Cooperation and
Technology Development Center
Japan Nuclear Cycle Development
Institute



核燃料サイクル開発機構
敦賀本部
国際技術センター
管理グループ
(兼務)技術情報グループ
西田 優顕氏

Masaaki Nishida
Development Co-ordination Group
International Cooperation and
Technology Development Center
Japan Nuclear Cycle Development
Institute

トをはじめとするITですから、それを活用して社内のシステムを整備しつつ、情報公開に向けて必要な技術を蓄積しているという状況です。例えば、動画を用いて『もんじゅ』の安全性・安定性を示すことはできないかと考えています。実際にどのような形で映像を提供するかといった点までは具体化していませんが、汎用かつ安価な機材を用いて動画を提供する仕組みを検討中であり、できるだけ早く実現したいと思っています。

なお、外部向けのWebサーバーの運用責任は本社 広報部が、また『もんじゅ』Webページのコンテンツそのものは、敦賀本部の業務統括部 広報課が作っていますから、われわれ技術情報グループとしては、情報公開活動に対していかに技術的に支援をしていくのかということが大きなミッションとなっています」

技術情報グループの活動内容

技術情報グループの主な業務は以下の3点です。

- コンピューターやネットワークなどのIT基盤構築・維持・管理。
- ITシステムの整備・開発による情報化・効率化の推進。
- 技術資料・図書・国内外技術雑誌の管理・運用、外部発表・工業所有権・業務改善提案の管理。

技術情報グループでは、敦賀本部が管轄する「もんじゅ」プラント、国際技術センター、敦賀本部事務所、福井事務所に設置された500台以上のPC(Personal Computer)、ワークステーションおよびネットワークを管理し、今後は「ふげん」プラントのPC、ワークステーションも管理の対象となる予定です。運用中のサーバーは約50台に及び、約20種類のサーバー・アプリケーションが稼働しています(図2)。

なお、『もんじゅ』プラントの運用に直接関係するシステムお

よびネットワークについては、セキュリティおよび安全性の観点から独立した運用形態となっていますが、事務処理用および共用コンピューターについては技術情報グループが管理しています。

サイクル機構では、1998年10月の改組により敦賀本部が設立される以前から、PC、ワークステーション、ワード・プロセッサ専用機などを積極的に活用してきていましたが、一部には二重投資や過剰投資気味の状況もなかったとはいえません。例えば、1台のPCに複数のワード・プロセッサ・ソフトウェアを導入したり、用途に比して高性能なPCが使われているなど、的確な資源管理が行われていない状況だったのです。

そこで、技術情報グループでは設立と同時に、次のような基本方針を立ててIT化に取り組むことになりました。

- 二重投資の防止、必要スペックへの最小投資
- システムの信頼性と耐用年数を考慮した導入計画
- ライセンスの統廃合による適正化
- 1人1台のPCの実現
- 周辺機器の共有化の徹底
- OA(Office Automation)担当者制度によるITリテラシーの向上
- 24時間365日無停止、メンテナンス・フリーの実現

敦賀本部が発足する前の1995年から、敦賀地区でITシステムの構築・運用・管理を担当している技術情報グループ チーム・リーダー 森 薫満氏は当時の状況を次のように振り返ります。「例えばPCの導入に当たっては在庫放出品の入札を行いましたし、プリンターやデジタル・カメラのように共有できるものは可能な限り共有化して個々に購入しないで済ませ、徹底的な

核燃料サイクル開発機構
敦賀本部
国際技術センター
技術情報グループ
(兼務)もんじゅ建設所 技術課
森 薫満氏

Shigemichi Mori
Technical Information Group
International Cooperation and
Technology Development Center
Japan Nuclear Cycle Development
Institute



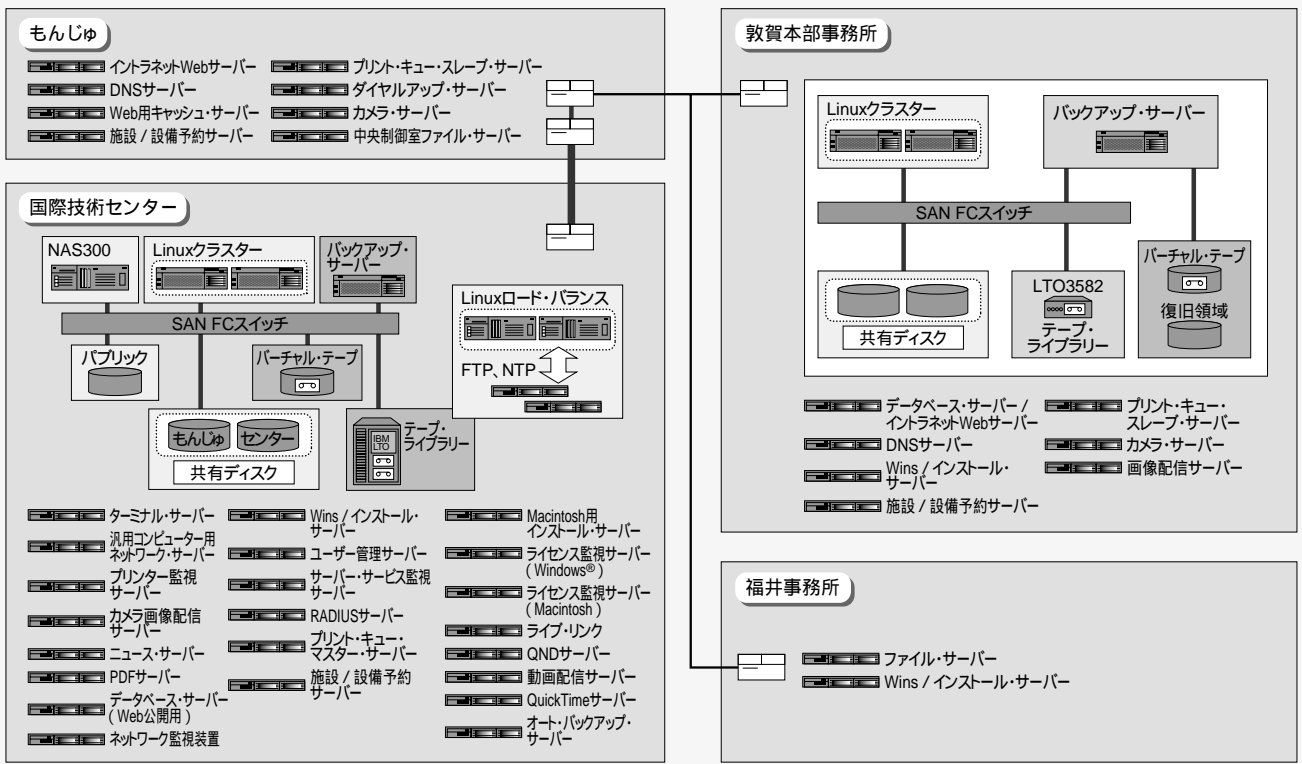


図2. 敦賀本部システム構成図

コスト削減に取り組みました。

また、システムの信頼性の向上にも努めました。『もんじゅ』プラントのシステムについては、われわれの職掌外のものも少なくありませんが、ネットワークやサーバーをベースとする業務システムはプラントの職員も使っているため、われわれの管理責任となります。プラントは24時間体制ですから、共用システムやネットワークに何らかのトラブルが発生して使えなくなると、技術情報グループのスタッフは深夜・早朝をかまわずに呼び出されます。信頼性の確保はもちろんプラントのためなのですが、実は自分たちのためにもなるということですよ(笑)』

止まらないネットワークを目指して

ネットワークについては、当初、FDDI(Fiber Distributed Data Interface)で構築されていましたが、電子メールの普及や、ファイル・サーバーへのアクセスが増えるに従ってLANの負荷が増大し、FDDIがボトルネックとなるようになりました。「長年にわたってFDDIを使ってきたことから、ルーターやハブ、トランシーバーの障害も頻繁に発生するようになり、やはり深夜や早朝の呼び出しも増えてきました。そこでFDDIの運用が5年満了となった2001年に、ネットワークを全面的に再構築することにしました(森氏)。

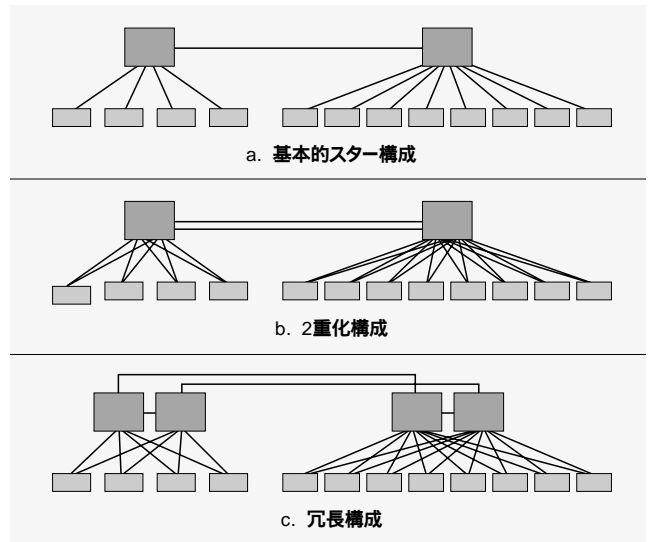


図3. 「もんじゅ」ネットワークの基本的な考え方

再構築に当たっては、図3aに示すように「もんじゅ」プラント内のネットワーク(図の左側)と、事務棟のネットワーク(図の右側)を結ぶ構成を基本としました。これはケーブル長の問題というよりも、不測の事態が発生した際には「もんじゅ」内のLANを独立して運用することを可能にして、信頼性を確保するためです。

ただし、「もんじゅ」ネットワークは絶対に止めたくないという理念があり、図3aの構成では冗長性が得られないことから、図3c

に示すような構成を検討しました。この場合、機器の調達費が大きくなるという問題があり、しかも2重化した一つが待機系となり、普段はスタンバイしているだけの状態です。また、負荷分散処理(装置間処理)のスピードや、サーバー接続にも2重化が必要です。これらの問題を解決するために再検討して、図3bに示すような支線2重化および内部2重化とし、ハードウェア要件を整理することとしました。この構成を採用することにより、センター・スイッチはCPU(中央演算処理装置)電源、ポート、ボード、バスのいずれで単一障害が発生してもネットワークが停止することはなく、しかも通常時は2回線で負荷を分散して運用することが可能となりました。

なお、「もんじゅ」ネットワークの信頼性向上の観点から、不測の事態により同一個所の重複障害が発生時した際にも最少限の停止時間となるように、2台のセンター・スイッチについては部品の共有が可能であることとしました。

セキュリティへの取り組み

技術情報グループの近藤 敦哉氏は、同グループにおけるセキュリティへの取り組みを次のように語ります。

「ITシステムの構築に当たっては、先程チーム・リーダーの森からも説明のあったように、『安全かつ安定した運用』を基本理念として掲げていますが、24時間無停止のサービス提供に加え、もう一つ大きなテーマとなっているのがセキュリティの確保です。

一般にセキュリティというと、コンピューター・ウイルス対策などを含むシステム上のセキュリティ対策が思い浮かぶかと思いますが、われわれはそれだけでなく、職員に成り済ましての建屋内への物理的な侵入も警戒が必要だと考えています。

そこで、コンピューター室を含む主要個所への入退室を厳重に管理するために、非接触型カード・リーダーと血流認証装置による入退室セキュリティ管理システムを構築しました(図4)。従来の指紋による個人パターンの特定方式とは違って、指の汚れや傷になどによる誤認識がありませんし、個人パターンのデータベースを3カ月ごとに更新するといった手間も掛かりません。



図4. 血流認証装置による入退室セキュリティ管理システム

さらにセキュリティの強化策として、建屋内での動体検知を行う画像監視システムの構築も予定しています。

核燃料サイクル開発機構
敦賀本部
国際技術センター
技術情報グループ
近藤 敦哉氏

Atsuya Kondo
Technical Information Group
International Cooperation and
Technology Development Center
Japan Nuclear Cycle Development
Institute



もちろんセキュリティーは一部分だけを強めてもあまり効果が期待できませんので、セキュリティー・ポリシーの策定や、管理者・ユーザーの教育などを含め、総合的に取り組んでいきたいと考えています」

Linuxを積極的に採用

技術情報グループが初めてLinuxの導入を検討したのは、同グループが発足した1998年のことです。施設/設備予約システムの構築が計画されたのに伴い、OS(Operating System)のライセンス制度を調査したところ、コスト的にLinuxの導入が有利であるという結論に達したからです。当時、施設/設備予約システム以外にも、数多くのシステムの構築が予定されていたことから、安定性・信頼性が確保できるのであればLinuxのライセンス制度は大きな魅力でした。

そこでLinuxの先進的な利用が進んでいる米国の事例を集めてみると、安定性・信頼性を確保できるだけでなく、発展性や柔軟性についても十分に期待できることが分かりました。「例えば、今までの経験からわれわれは、システムの成長には継続的にモジュール類を入手できることが不可欠だと考えています。その点、オープン・ソースのLinuxはモジュール類の開発のテンポが早いばかりでなく、確実に入手できます。『モジュールの提供が受けられる』というのは当たり前のように感じるかもしれませんが、ベンダーとのライセンスの関係でモジュールが入手できなかったことが過去にあったため、その点は非常に高い評価となりました(森氏)。

1999年。当時、オールインワン・サーバーとして定評のあったLinuxサーバーの動作検証を行い、信頼性や使いやすさを確

認し、その年の10月に「もんじゅ」プラントと国際技術センターで施設 / 設備予約システムの運用を始めました。翌年には敦賀本部事務所でも運用をスタートさせました。

「実は現在は、施設 / 設備予約システムはTurboLinuxベースに切り替えて、オールインワン・サーバーは部門サーバーとして使っています。オールインワン・サーバーの信頼性や使いやすさは期待以上だったのですが、先程述べたように拡張性に不満がありました。ドライバー類やモジュール類をアップグレードできないため、システムの成長に限界があると感じたのです。もっとも、その信頼性と使いやすさから部門サーバーには適しているということで今でも使い続けています（森氏）

Linuxサーバーの初導入以後、2000年3月にはインストール・サーバー、Webサーバー、FTP (File Transfer Protocol) サーバー、2001年3月にプリント・サーバー（「もんじゅ」プラント・敦賀本部事務所・国際技術センターで冗長構成）、2002年3月にはDNS (Domain Name System) サーバー（敦賀本部事務所、9月より「もんじゅ」プラントと敦賀本部事務所で冗長構成）と徐々に導入が進み、今日では、TurboLinuxおよびRedHat Linuxベースで構築されたサーバーはファイル・サーバー、グループウェア、Webサーバー、サーバー監視システム、ロード・バランサーなど約20種に及び、技術情報グループが管理しているサーバー約50台のうち、約30台がLinuxベースで運用されています。

「われわれとしては、なんといっても365日無障害 / 無停止で運用できることを一番に考えますから、Linuxベースのサーバーの安定性・信頼性が実際の運用を通じて確認されてからは、ますますLinuxが中心となっていきました。シンプルなOSであり、余計なサービスを動かさない限りまず停止しませんから（森氏）

Linuxベースのシステムの導入について、グループの責任者である西田氏はどう考えたのでしょうか。

「そうですね。研究開発というものはトライしてみなければ先に進みませんが、そういった意味では当機構はプロジェクト指向

の組織ですし、新しい技術に対しては貪欲です。Linuxの積極的な導入も、こうした背景があったからではないでしょうか。もちろんトライしてみたところ、システムが完全に止まってしまったとか、データがすべて消えてしまったというようなことがあつてはなりません。安全性を十二分に図った上であれば、新しい技術を取り入れることには賛成です」

西田氏への提案を行った森氏は、「米国のITの動向が、何年か後の国内のスタンダードになっているという状況を見ますと、Linuxが主流になるのは確実だと思われましたので、『近いうちに必ずスタンダードになります』というスタンスで提案しました。それにLinuxで最初に構築した施設 / 設備予約システムについては、既存システムのないゼロからの構築でして、何を選んでもいいという状況にありまして、万が一、開発がうまくいかなかった場合、ほかのOSを用いたシステムにすぐ移行できるという自信もありましたから」と語ります。

HAクラスターによる「情報サーバー」システムの構築

敦賀本部では、従来から「文書サーバー」という名称でファイル・サーバーが運用されていました。

「一般的な「ファイル・サーバー」という名称で運用すると、共有する必要のないデータ、例えば作りかけの文書であったり、イベントの記念写真まで保存されてしまうので、あくまでも業務成果を管理するという目的を理解してもらうために「文書サーバー」と名付けました。ただし最近では文書ファイルだけでなく、音声や画像・動画も扱うことが多くなりましたから「情報サーバー」と呼ぶようにしています。なお、サーバー上のフォルダーは部門単位ではなく、例えば「予算関係フォルダー」という名目別のカテゴリ化を行って情報を共有しやすくするとともに、ユーザーが必要な情報にたどり着きやすいように工夫しています（近藤氏）



図5. コンピューター・ルームに設置された各種サーバーとサーバーの監視画面



福井キヤノン事務機株式会社
敦賀営業グループ
リーダー

富田 耕司氏

Koji Tomita
Leader
Tsuruga Office Sales Group
Fukui Canon Business Machines
Co.,Ltd.

HA(High Availability)クラスターによる“情報サーバー”の構築計画がスタートしたのは2001年4月です。設計のポイントとなったのは、ネットワークと同様にアクティブ アクティブ構成による冗長化です。

“情報サーバー”の構築において、システム・インテグレーターとして技術情報グループを支援した福井キヤノン事務機株式会社 敦賀営業グループのリーダー 富田 耕司氏は、提案から入札までの様子を次のように振り返ります。

「費用対効果の点でアクティブ スタンバイではなく、アクティブ アクティブで構築したいというご依頼でして、当初は難しいのではないかと考えましたが、米国IBMに確認を取ったところ対応可能ということで、提案させていただきました」

この点について森氏は、「当機構の場合、ネットワーク構築のときも同じでしたが、スタンバイ状態の構成は『普段は動いていない設備』ということで、提案が通りにくいということがあります。実は、アクティブ アクティブについては、打診したどのベンダーからも難しいという回答であきらめかけていたのですが、唯一、福井キヤノン事務機株式会社の富田氏から『IBMなら対応できそう』というお話を聞き、システム構成を検討した結果、使用機種にxSeries™を選定し、システム構築を決めました」と語ります。

その年の暮れには最終的な仕様が決まり、2002年1月から構築を開始、3月には仮運用がスタートしました。

「しかし、その後がトラブル続きでした。Linuxのドライバーがそろっていないとか、マルチパスの構成がうまくいかず、苦勞の連続でしたが、逆に2台構成であることが幸いし、トラブル発生時にもシングルで運用を続けることができ、またIBMにもドライバーの作成やハードウェアの交換などで迅速に対応してもら

い、2003年3月からはマルチパス構成による無停止の運用が続いています(森氏)。

取材を終えて

センター長の永田氏は、技術情報グループへの期待を次のように語ります。

「ITに限らずテクノロジーというものは日に日に進歩します。ITの活用で注意したいのは、今日の最適解が1週間後の最適解とは限らないということです。ですから、技術情報グループに期待したいことは、まず現状の技術的的確な把握です。その上で、われわれの組織に最もふさわしいIT活用方法の積極的な提案です。もちろん、リソースにはさまざまな制約があります。予算しかりですし、要員しかりです。しかし、そういった制約の中で最適な解を見いだしていってほしいと考えています。

費用対効果についても忘れてはなりません。われわれのように研究開発を主な業務としている組織ですと、つい技術最優先に走ってしまうことがあります。エンジニアとして最新の技術にチャレンジしてみたいという気持ちを抑えるのが難しいからです。だからこそ、最新技術の動向を見定め、費用対効果を含めて最適な提案をしてほしいと思っています。

ITの進展により事業の運営形態さえ次々と変化していく今日、マネージする側としてもITと無縁でいるわけにはいきません。どんな技術を今利用できるのか、常に鋭敏に感じ取ることが必要です。とはいってもマネージに当たる人間すべてがITの動向に明るいということはありません。組織全体がそうした感度の高い目を持つには、技術情報グループの存在が不可欠です。つまり、アンテナとして最新の動きを感度良く受信して、それを的確に内部に伝えてほしいと日々考えています」

その意味では、Linuxの導入に限らず、ネットワークの構築や、セキュリティへの取り組みは、安定性・信頼性を最優先に、次世代の技術をできる限り取り入れていこうというチャレンジングな精神にあふれていたといえるでしょう。「もんじゅ」のプロジェクトについてはさまざまな議論がありますが、今後とも安全性を最優先に掲げた活動と努力を期待したいものです。