JAEA-Technology
2013-003

主要 IT インフラのデータ及びサーバ機能バックアップシステムの構築

Introduction of a Backup System for Data and Servers of Main IT Infrastructure Services

平山 孝　神成 政明
Takashi HIRAYAMA and Masaaki KANNARI

システム計算科学センター
Center for Computational Science & e-Systems

June 2013
Japan Atomic Energy Agency
日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ（http://www.jaea.go.jp）
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構　研究技術情報部　研究技術情報課
〒319-1195　茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2013

JAEA-Technology 2013-003

主要 IT インフラのデータ及びサーバ機能バックアップシステムの構築

日本原子力研究開発機構　システム計算科学センター
平山　孝、神成　政明

(2013 年 1 月 30 日受理)

日本原子力研究開発機構では、各拠点を接続するネットワークシステムの信頼性、情報セキュリティを確保するとともに、日本原子力研究開発機構内外との連携・融合、国際拠点化を促進するため利便性の向上に努めることを基本理念とする最適化計画を策定し、本計画に従ってネットワークシステムの最適化を進めている。このうち、信頼性の確保については障害発生確率の低減及び障害復旧時間の短縮に取り組むとともに、大規模地震発生時における事業継続計画に基づく対策として、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の経験と教訓を活かし、予備系メールシステムとインターネット接続環境を関西光科学研究所（木津地区）に整備した。これに加えて、その他の主要 IT インフラのデータとサーバ機能のバックアップを行うシステムについても構築した。

本報告書は、このデータ及びサーバ機能のバックアップを行うシステムについてまとめたものである。

原子力科学研究所（駐在）：〒319-1195　茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

JAEA-Technology 2013-003

Introduction of a Backup System for Data and Servers of Main IT Infrastructure Services

Takashi HIRAYAMA and Masaaki KANNARI

Center for Computational Science & e-Systems
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 30, 2013)

The optimization of the JAEA network system has been promoted in accordance with the optimization plan which has the fundamental principles of ensuring its dependability, information security and usability. In respect to ensuring the dependability, we addressed to a) the reduction of both trouble probability and recovery time, and b) an execution of the business continuity plan in time of large-scale earthquake. For the latter, we installed an e-mail backup server and an alternate connection to the internet in Kansai Photon Science Institute (Kizu-area) based on lesson learned from the experience of the Great East Japan Earthquake on March 11, 2011. In addition, we introduced a backup system for data and servers of other main IT infrastructure services.

This report documents the configuration and operation of the backup system.

Keywords: ICT, BCP, Backup, Virtualization

Research Organization for Information Science & Technology

目次

１．はじめに 1

２．IT インフラの事業継続計画 2
　２．１　基本要件 2
　２．２　対策 4
　２．３　設置場所 4
　２．４　バックアップセンターの機能 6
　　２．４．１　基本機能 6
　　２．４．２　人員体制 7
　２．５　バックアップセンターのシステム構成 7

３．データ及びサーバ機能バックアップシステム 8
　３．１　システム概要 8
　３．２　システム構成 9
　　３．２．１　ハードウェア 9
　　３．２．２　ソフトウェア 12
　　３．２．３　ネットワーク 12
　３．３　バックアップ対象サーバ 14

４．システム動作詳細 16
　４．１　データのバックアップ及びリストア 16
　　４．１．１　データバックアップの流れ 16
　　４．１．２　データリストアの流れ 18
　　４．１．３　対象サーバ毎の方法 18
　　４．１．４　動作フロー 19
　４．２　仮想化環境 22
　４．３　バックアップ及びリストアポリシー 23
　４．４　バックアップ及びリストア実績 23
　４．５　データの重複除外 27
　４．６　本システムのバックアップ 30

５．被災時又は障害時における本システムの動作 31
　５．１　被災時又は障害時の本システムへの切り替え 31
　５．２　対象サーバへのデータリストア 31

６．今後の展開 32

７．おわりに 32

謝辞 33

参考文献 33

Contents

1 . Introduction 1

2 . BCP of IT infrastructure.....2
2 . 1 Basic requirements 2
2 . 2 Measures 4
2 . 3 Installation site 4
2 . 4 Features of the Backup center 6
2 . 4 . 1 Basic features 6
2 . 4 . 2 Staff 7
2 . 5 System configuration of the Backup center 7

3 . Backup System for Data and Servers 8
3 . 1 Outline..... 8
3 . 2 System configuration 9
3 . 2 . 1 Hardware 9
3 . 2 . 2 Software 12
3 . 2 . 3 Network..... 12
3 . 3 Server which is targeted for backup 14

4 . Details of the system operation 16
4 . 1 Data backup and restore 16
4 . 1 . 1 Flow of data backup 16
4 . 1 . 2 Flow of data restore 18
4 . 1 . 3 Method every target server 18
4 . 1 . 4 Flow 19
4 . 2 Virtualization environment 22
4 . 3 Backup and restore policy 23
4 . 4 Backup and the restore record 23
4 . 5 Deduplication 27
4 . 6 System backup 30

5 . Operation of the system at the time of the hardware failure or the suffering 31
5 . 1 Changeover 31
5 . 2 Data restore to the target server 31

6 . Future development 32

7 . Summary 32

Acknowledgement 33

References 33

１．はじめに

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という）では、平成 17 年 10 月の日本原子力研究所（当時）と核燃料サイクル開発機構（当時）の二法人統合時に、各拠点を接続するネットワークシステム（以下、「原子力機構ネットワーク」という）の 最適化計画[1)]（フェーズⅠ）を実施し、拠点間接続の運用コスト低減、電子メール等各種システムの集約・共有化などを進め、両法人のネットワークの統合・合理化を図った。その後、業務の IT 化の進展に伴い、(1) 原子力機構ネットワークの障害による影響の深刻化、(2) ネットワーク利用者におけるマルウェア対策の不徹底に起因する情報セキュリティ事案の増加、(3) ネットワークを利用した情報共有ニーズの増大と通信容量の逼迫[2)]、といった課題が顕在化してきた。そこで、原子力機構業務のライフラインとして相応しい信頼性、情報セキュリティを確保するとともに、原子力機構内外との連携・融合、国際拠点化を促進するため利便性の向上につとめることを基本理念として、最適化計画（フェーズⅡ）を平成 21 年 11 月に策定し、実施している。

最適化計画（フェーズⅡ）では、震度 6 強の大規模地震を想定した当時の原子力機構業務継続計画（案）も踏まえ、信頼性確保の一環として、予備系メールシステムの整備及びインターネット接続回線における代替経路とセキュリティ対策機器等の接続環境を、茨城地区から 60km 以遠の場所に確保することを前提に検討していた。しかしながら、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、前述の継続対象はもとより、公開 WEB、イントラネット WEB 及びシンクライアント等に至るまで、機能の早期復旧が強く要望される事態となった。継続の対象としていたメールシステム及びインターネット接続は被災後 2 時間で復旧させるなど、事前の対策が功を奏したものの、それ以外のシステムについては、商用系電源の停止が長期化したことが障害となり、復旧に数日から 1 週間程度を要した。すなわち、今回の震災は東日本全域に及ぶなど、広範囲に及ぶ震災が起こりうることも示した。

これらの教訓から、最適化計画の見直しを行い茨城地区（原子力科学研究所（以下、「原科研」という）及び、大洗研究開発センター（以下、「大洗センター」という））に集中している主要な IT インフラ（基幹ネットワークシステム、外部及び原子力機構全体にサービスを提供しているサーバ、セキュリティ対策システム等をいう。）をバックアップするシステムを、茨城地区に供給する電力会社と異なる電力会社管内にある関西光科学研究所（木津地区）（以下、「関西研（木津）」という。）に整備、構築することとした。このうち、予備系メールシステムとインターネット接続環境については、平成 23 年 12 月より運用を開始した。

本書は、公開 WEB サーバ、業務系サーバ等の主要 IT インフラのデータ及びサーバ機能のバックアップにより、被災時又は障害時に主要業務を継続運用可能とするシステムの構築についてまとめたものである。

２.ITインフラの事業継続計画

平成23年3月11日に発生した東日本大震災による被災の経験から、ITインフラは原子力機構として非常に重要であることが再認識された。これを受けて、ITインフラの耐災害能力の強化を目的として、ITインフラの事業継続計画[3)]を検討した。

２．１　基本要件

ITインフラの事業継続計画（Business Continuity Plan）における、基本要件を以下に挙げる。

（１）想定する事象及び被害予測

ITインフラの事業継続計画における想定する事象と、その被害想定について検討した。被害想定及び被害予測は、以下a.～c.の3つである。

a.今回の東日本大震災を上回る災害

茨城地区（原科研及び大洗センター）のITインフラの全滅

これらの復旧には、機器等の調達から必要なため、3ヶ月程度の期間を要する。

b.今回の東日本大震災と同等の災害

商用電源の停止、ITインフラの各機器の軽微な損傷、ネットワーク（インターネット接続及び拠点間ネットワーク）は維持。

なお、茨城地区での運用継続が可能な場合は、本想定を「茨城地区BCP」とする。

c.災害以外のシステム障害

ITインフラの各システム障害（ハード又はソフトウェア）によるサービス等の機能停止。

（２）対象業務（システム）

対象とする業務（システム）は、原子力機構業務継続計画（案）を参考として、以下の4業務と、その前提となる2条件の合計6つとする。

［4業務］

①電子メール

原子力機構内外との通信手段として、非常に重要な機能であり、本システムが停止することは通常業務及び災害時の連絡に多大な影響を与える。

②公開WEB

東日本大震災の際、福島原発の影響から放射線モニタリングの測定値の公開が優先業務とされた。これを受け、原子力機構の状況については常に外部へ発信し続けることが必要である。

③外部へのアクセス

原子力機構の職員等が、外部の状況等を把握し、情報収集する手段として重要である。

④イントラネットWEB

原子力機構内の業務を継続する手段として重要である。但し、イントラネットWEBのうち具体的にどのシステムが重要であるかの優先順位づけを別途検討・調整する必要がある。

原子力機構業務継続計画（案）には、一般継続重要業務として服務管理、緊急契約請求及び給与支払い等とし、関連するシステムが稼働しない場合は、手作業等によりその事務を実施するとある。

[2 条件]

⑤インターネット接続環境

外部との電子メール送受信、公開 WEB を利用するためには必須となる。

⑥拠点間ネットワーク

外部へのアクセス、イントラネット WEB を利用するためには必須となる。

（３）復旧目標

被害を受けてからシステムが復旧するまでの目標時間と、復旧するデータをどこまで遡るかの目標時点を検討した。

①目標復旧時間 RTO（Recovery Time Objective）※注１

被害機器の復旧ではなく、システム機能の復旧として、6 時間とする。

被害機器の復旧には､機器の調達が発生するため､数週間から数ヶ月は要することになる。

そこで、被害の確認、システム機能の稼働確認、バックアップ環境への切り替え、システム機能の稼働確認等を実施した場合を RTO として想定する。

②目標復旧時点 RPO（Recovery Point Objective）※注２

データの更新する頻度、重要度によって変わるが、1 日（24H）前とする。

現状、運用系システムのバックアップ頻度は、サービスへの影響の少ない時間帯として利用が少ない夜間から早朝にかけて実施しているのが殆どである。そのため、目標復旧時点は最低 1 日前とする。

注１）災害や障害による業務や情報システムの停止から復旧するまでに必要な目標時間。

注２）災害や障害時に失ったデータをどの時点までさかのぼって復旧させるかの目標値。

２．２　対策

現在、茨城地区（原科研及び大洗センター）に一極集中している IT インフラのバックアップ機能を持った「バックアップセンター」を別拠点に設置し、災害の影響の少ない拠点での事業継続を図る。

本対策は、基本要件にて挙げた想定する事象及び被害予測に対するものである。

a. 今回の東日本大震災を上回る災害

被災拠点（茨城地区）以外で重要業務を継続させるため、茨城地区から遠隔にある拠点にバックアップセンターを設置し、重要な IT インフラのバックアップシステムを設置する。それらシステムは、仮想化サーバにて整備し、個別に物理サーバを整備するよりもコスト削減を図る。

b. 今回の東日本大震災と同等の災害

茨城地区における非常系電源の燃料確保、供給体制を整備する。本対策は、茨城地区 BCP として考慮する。

c. 災害以外のシステム障害

a. に含まれる。

２．３　設置場所

バックアップセンターを設置する拠点の選定にあたっては、以下の要件項目について比較した。なお、現在 IT インフラが整備されている原科研及び大洗センター及び、同時に震災の被害を受ける可能性の大きい茨城地区及び近隣県の拠点は、比較対象から省く。

①電源の確保を考慮し、原科研及び大洗センターと同一の電力会社ではないこと。
②インターネットに接続でき、かつ十分な帯域を享受できる環境の拠点であること。
③IT インフラを運用できるだけの電源の余裕のある拠点、又は必要な分の増強ができる拠点であること。
④IT インフラを設置できる場所を確保できる拠点であること。
⑤地震の影響が大きい活断層の上や近辺、津波の影響を受ける沿岸部の拠点でないこと。

表２－１に示すように、項目毎に割り当てたポイントの合計が一番高かった関西研（木津）をバックアップセンター設置拠点とした。

表２－１ バックアップセンター設置拠点比較

拠点	設置要件					合計 ポイント※1
	①電源の確保を考慮し、原科研及び大洗センターと同一の電力会社(東京電力)ではないこと。	②インターネットに接続でき、かつ十分な帯域を享受できる環境の拠点であること。	③ITインフラを運用できるだけの電源の余裕のある拠点、又は必要な分の増強ができる拠点であること。	④ITインフラを設置できる場所を確保できる拠点であること。	⑤地震の影響が大きい活断層の上や近辺、津波の影響を受ける沿岸部の拠点でないこと。	
幌延深地層研究センター	○	×	○	○	○	4
札幌事務所	○	○	×	×	○	2
青森研究開発センター(六ヶ所)	○	○	○	○	×	4
青森研究開発センター(むつ事務所)	○	○	○	○	×	4
高崎量子応用研究所	×	○	○	○	○	4
東京事務所	×	○	×	×	×	1
東濃地科学センター(土岐・瑞浪)	○	○	○	○	○	5
敦賀本部	○	○	×	×	×	2
高速増殖炉研究開発センター	○	○	○	○	×	4
原子炉廃止措置研究開発センター	○	○	○	○	×	4
地域共生室	○	○	×	×	○	3
原子力緊急時支援・研修センター(福井)	○	○	×	×	×	2
関西光科学研究所(木津)	○	○	◎※2	◎※3	×	6
関西光科学研究所(播磨)	○	○	×	×	○	3
人形峠環境技術センター	○	×	○	○	○	4

※1 ポイントは、◎：2、○：1、×：0 とする。
※2 以前スパコンが設置されていたため、電源の余裕があり、電源増設の必要なし。
※3 以前スパコンが設置されていたため、場所の余裕があり、場所の確保調整の必要なし。

２．４　バックアップセンターの機能

東日本大震災を上回る災害が発生しても、IT インフラの事業継続計画で述べた 4 業務、2 条件を早期に回復させることができるよう、バックアップセンターに整備すべき基本機能を検討した。その結果、①電子メール、③外部へのアクセス、及び⑤インターネット接続環境を実現する基幹ネットワークシステムのバックアップ、②公開 WEB、④イントラネット WEB 等のデータを保全し、速やかな再開を支援するデータのバックアップ、これらサーバ機能を代替する、サーバ機能のバックアップの 3 つの機能を持つことにした。なお、⑥拠点間ネットワークについては（４）の検討のとおり、バックアップは整備しないこととした。

また、バックアップセンターは通常の IT インフラ障害等による停止の際にも活用できるよう、他の主要な IT インフラのデータ及びサーバ機能のバックアップを併せ持たせることにした。

２．４．１　基本機能

バックアップセンターの基本機能は、以下のとおりとする。

（１）基幹ネットワークシステムのバックアップ

茨城地区のネットワーク基幹部の主要機器（ルータ、スイッチ、セキュリティ対策機器等）やサーバ（電子メールシステム等）のバックアップ機能を設置する。また、運用に必要な空調機、瞬電対策として無停電電源装置（UPS）を整備する。

（２）データのバックアップ

主要 IT インフラ（公開 WEB、基幹業務系、イントラネット WEB、情報システム管理室イントラネット WEB 等）のデータバックアップを行うシステムを整備する。容量は、最終的に 100TB 程度を想定し、バックアップはハードディスクドライブにて行う。なお、ハードディスクドライブは安価なディスクとする。昨今のハードディスクの信頼性向上より、大量整備による幅広いシステムのデータの保管を優先する。但し、当初は利用する IT インフラ及び、保管するデータの選定に時間がかかることから、ディスク容量は段階的に増強していく。

また、データバックアップシステムにおけるバックアップは、従来のサーバ毎に実施しているバックアップに加えた 2 次的なバックアップとする。

バックアップしたデータは、サーバ毎に実施している 1 次バックアップのデータが消失した際に、本システムからデータをリカバリすることが可能となる。

（３）サーバ機能のバックアップ

公開 WEB、情報システム管理室イントラネット WEB 等の各サーバ機能のバックアップとして仮想化サーバを用意し、メインサーバの被災又は障害時の代替機として運用することによって、主要業務の信頼性向上を図る。仮想化サーバは、（２）データバックアップシステムでバックアップしたデータを用いて稼働する。

なお、仮想化サーバを用いることにより、サーバ毎に代替機を単独で用意する場合に比べコスト削減を図る。

（4）拠点間ネットワークのバックアップ

被災した拠点は、拠点間を接続する広域イーサネット回線の回線業者を別に契約したとしても、拠点に直接接続されるアクセス回線は殆ど同じ電柱を経由している拠点が多いため、2つの回線業者が同時に何らかの影響を被る可能性が高い。

また、回線業者は通常回線の冗長化を図っており、SLA（Service Level Agreement）※注3があるため、復旧にかかる時間の短縮が期待できる。

よって、常時の回線借用コストを考慮すると、回線二重化のメリットは低いと考えられるため、広域イーサネット回線のバックアップシステムは整備しない。

２．４．２　人員体制

バックアップセンターの人員体制は、情報システム管理室の職員１名を駐在とし、従来からの請負要員１名での計２名とする。定常時は、この２名にてバックアップセンターに設置されているシステムの運用管理を行う。茨城地区の被災又は障害時には、基本的に２名で対応を行うが、場合によっては設置拠点の関西研（木津）の情報システム管理室兼務者の協力を求める。協力依頼の内容等については、事前に関西研（木津）の兼務者と調整しておく。

２．５　バックアップセンターのシステム構成

バックアップセンターの基本機能に挙げた全システムについて、同等のシステムを整備・運用することは、リスクとコストのバランスが合わないことから、整備するシステム構成を考慮する必要がある。考慮にあたっては、一時的な利用及び限られた運用要員での切り替えと運用が必要なことから、シンプルかつ性能及びライセンス等を必要最低限とし、コスト削減を図る。

①電子メール

電子メールは、利用できるユーザについても限定することとした。職制が課室長・GL 以上の職員とし、ユーザ数を削減及びシステムをシングル構成とする。

②公開 WEB

すべての公開 WEB サーバを対象とせず、必要最低限のサーバのみとする。また、サーバの CPU 性能、メモリ容量等についても半分程度とする。

③外部へのアクセス

ファイアーウォールのスループット、同時セッション数等の性能を下げる。

④イントラネット WEB

市販ソフトウェアを利用する必要があるサーバや、複雑な機能を持つサーバは対象外とする。

注３）提供される回線の速度や遅延時間の品質等に対する基準が満たされなかった場合の保証に関する回線業者との取り決め。

３.データ及びサーバ機能バックアップシステム

３．１　システム概要

バックアップセンターの基本機能として、２．４．１項で述べたうち、（２）データのバックアップと（３）サーバ機能のバックアップについて、平成23年度にデータ及びサーバ機能バックアップシステム（以下、「本システム」という）として構築を行った。

本システムは、以下の機能を持っている。

①原科研及び大洗センターに設置されている、データ及びサーバ機能バックアップの対象となるサーバ（以下、「対象サーバ」という。特に、サーバ機能バックアップを行う対象サーバを「代替対象サーバ」という）のデータをバックアップサーバにて、原科研及び大洗センターに設置するバックアップ専用の機器であるバックアップアプライアンス※注４へ定期的にバックアップする。但し、既存バックアップソフトウェアと競合し、本システムのバックアップソフトウェアを導入することができない場合等は、直接バックアップアプライアンスにNFS、CIFS、FTP※注５を利用してデータをコピーする。

②原科研に設置するバックアップアプライアンスにバックアップされたデータを関西研（木津）に設置するバックアップアプライアンスに定期的にコピーする。

③関西研（木津）に設置するバックアップアプライアンスにコピーされたバックアップデータを、リカバリサーバにて仮想化サーバの仮想ホストに定期的にリストアする。但し、既存バックアップソフトウェアと競合し、リカバリサーバを経由できない対象サーバについては、直接バックアップアプライアンスからバックアップデータを仮想ホストにコピーする。

④仮想化サーバでは、原科研及び大洗センターに設置されている対象サーバの代替環境を仮想ホスト上に構築し、仮想化サーバの仮想ホストにリストアされたデータを利用して、原科研及び大洗センターの災害時又は対象サーバの障害時に、対象サーバの代替として運用する。

⑤本システムの一連の設定等の運用管理を管理用PCで行う。また、適切なバックアップ等のスケジューリングを図り、バックアップからリストア、仮想化サーバの運用開始までを全て自動で行う。

注４）データのバックアップ専用に開発された重複除外や圧縮等の機能を持つ専用機器。

注５）NFS：UNIX、Linux OSで利用されるネットワーク上でファイルを共有するための通信プロトコル。

CIFS：Windows OS で利用されるネットワーク上でファイルやプリンタを共有するための通信プロトコル。

FTP：ネットワーク上でファイルを転送するための通信プロトコル。

３．２　システム構成

３．２．１　ハードウェア

本システムのハードウェア構成（機器種類及び設置場所/台数/用途）を表３－１に示す。

本システムは、３．１項において説明した機能を実施するバックアップサーバ、バックアップアプライアンス、リカバリサーバ、仮想化サーバ及び、運用管理 PC の主要機器と、それ以外の機器から構成される。

表３－１　本システムハードウェア構成（機器種類及び設置場所/台数/用途）

項番	機器種類	設置場所 / 台数 / 用途
1	バックアップサーバ （#1、#2）	原科研　/　1 台（#1） 大洗センター　/　1 台（#2）
2	バックアップアプライアンス （#1、#2、#3、#4）	原科研　/　1 台（#1） 大洗センター　/　1 台（#2） 関西研（木津）　/　2 台（#3、#4）
3	リカバリサーバ （#1、#2）	関西研（木津）　/　2 台（#1、#2）
4	仮想化サーバ （#1、#2、#3）	関西研（木津）　/　3 台（#1、#2、#3）
5	ディスクアレイ装置	関西研（木津）　/　1 台 / 仮想化サーバのディスクとして利用
6	仮想化環境管理サーバ	関西研（木津）　/　1 台 / 仮想化サーバ上の仮想 OS の管理に利用
7	ファイバーチャネルスイッチ	関西研（木津）　/　1 台 / 仮想化サーバとディスクアレイを接続するために利用
8	ファイアーウォール	関西研（木津）　/　1 台 / 公開 WEB サーバにおいてコンテンツ部とデータベース部間の通信制御を行うために利用
9	L3 スイッチ	関西研（木津）　/　1 台 / 各機器の接続
10	L2 スイッチ	原科研　/　1 台　/ 各機器の接続 関西研（木津）　/　2 台　/ 各機器の接続
11	管理用 PC	関西研（木津）　/　1 台
12	無停電電源装置	関西研（木津）　/　2 台/ 関西研(木津)設置分機器の停電対応として利用

本システムのハードウェア構成（機種名及び機器スペック）を表３－２に示す。

表３－２　本システムハードウェア構成（機種種類及び機器スペック）（１／２）

項番	機器種類	機器スペック
1	バックアップサーバ （#1、#2）	CPU ： Intel Xeon E5606 2.13GHz CPU 数 ： 1、コア数: 4 コア、計 4 コア メモリ量 ： 6GB ディスク容量 ： 146GB×2 バスプロトコル ： SAS RAID レベル ： RAID1
2	バックアップアプライアンス （#1、#2、#3、#4）	ディスク容量 ： 500GB×12 ディスクタイプ:SAS RAID レベル:RAID6
3	バックアップアプライアンス （#5、#6）	ディスク容量 ： 1TB×7 ディスクタイプ:SAS RAID レベル:RAID6
4	バックアップアプライアンス （#7）	ディスク容量 ： 1TB×12 ディスクタイプ:SAS RAID レベル:RAID6
5	リカバリサーバ （#1、#2）	CPU ： Intel Xeon E5606 2.13GHz CPU 数 ： 1、コア数: 4 コア、計 4 コア メモリ量 ： 6GB ディスク容量 ： 146GB×2 バスプロトコル ： SAS RAID レベル ： RAID1
6	仮想化サーバ （#1、#2、#3）	CPU ： Intel Xeon E5649 2.53GHz CPU 数 ： 2、コア数: 6 コア、計 12 コア メモリ量 ： 48GB ディスク容量 ： 146GB×3 バスプロトコル ： SAS RAID レベル ： RAID1+ (HS)
7	仮想化サーバ （#4、#5、#6）	CPU ： Intel Xeon E5-2640 2.50GHz CPU 数 ： 2、コア数: 6 コア、計 12 コア メモリ量 ： 48GB ディスク容量 ： 146GB×3 バスプロトコル ： SAS RAID レベル ： RAID1+ (HS)

表３－２　本システムハードウェア構成（機種種類及び機器スペック）（２／２）

項番	機器種類	機器スペック
8	ディスクアレイ装置 （#1、#2）	ディスク容量 ： 600GB×12 バスプロトコル ： SAS RAID レベル ： RAID5+（HS） ホストインターフェース ： FC ディスクキャッシュ ： 2GB
9	仮想化環境管理サーバ	CPU ： Intel Xeon E3-1220 3.10GHz CPU 数 ： 1、コア数: 4 コア、計 4 コア メモリ量 ： 4GB ディスク容量 ： 250GB×2 バスプロトコル ： SAS RAID レベル ： RAID1
10	ファイバーチャネルスイッチ	速度 ： 8Gbps（1 ポート） ポート数 ： 20
11	ファイアーウォール	10/100/1000BASE-T WAN インタフェース数 ： 7 スループット ： 1Gbps スループット（pps） ： 1.5Mpss
12	L3 スイッチ	スイッチング容量 ： 160Gps フォワーディング容量 ： 65Mpps 10/100/1000BASE-T インタフェース数 ： 24 Mini-GBIC ファイバーポート数 ： 4
13	L2 スイッチ	スイッチング容量 ： 8.8Gps フォワーディング容量 ： 6.5Mpps 10/100/1000BASE-T インタフェース数 ： 24 Mini-GBIC ファイバーポート数 ： 2
14	バックアップシステム用 SW	スイッチング容量 ： 48Gps フォワーディング容量 ： 36Mpps 10/100/1000BASE-T インタフェース数 ： 20 Mini-GBIC ファイバーポート数 ： 4
15	管理用 PC	タイプ ： 15.6 インチワイド液晶ノート PC CPU ： Intel Core i5-2540M 2.6GHz CPU 数 ： 1 メモリ量 ： 8GB ディスク容量 ： 320GB
16	無停電電源装置	最大出力容量 ： 3500W / 5000 VA

３．２．２　ソフトウェア

本システムのソフトウェア構成を表３－３に示す。

本システムのソフトウェアは、対象サーバのデータのバックアップを行うバックアップソフトウェア、仮想化サーバ上に仮想 OS を構築するための仮想化ソフトウェア、仮想化環境を管理するための仮想化環境管理ソフトウェア、仮想化サーバ上で動作する各仮想サーバ用 OS から構成される。

仮想サーバ用 OS は、運用管理の容易性を考慮し、必要最小限の種類にした。そのため、対象サーバは様々な種類の OS を利用しているが、Red Hat Linux と Microsoft Windows の 2 種類に絞り、構築している。

表３－３　本システムソフトウェア構成

項番	ソフトウェア種類	ソフトウェア名
1	バックアップソフトウェア	Symantec NetBackup
2	仮想化ソフトウェア	VMware vSphere Standard
3	仮想環境管理ソフトウェア	VMware vCenter Server
4	仮想サーバ用 OS	Red Hat Enterprise Linux Server Microsoft Windows Server

３．２．３　ネットワーク

本システムのネットワーク構成の概念図を図３－１に示す。

本システムのネットワークは、原科研設置分ハードウェアは原科研基幹 LAN に、大洗センター設置分ハードウェアは大洗基幹 LAN に接続している。また、関西研（木津）設置分ハードウェアは、関西研（木津）の拠点間ネットワーク接続機器に各機器が L3 スイッチ（L2 スイッチ含む）を介して接続する構成としている。原科研及び大洗センターと関西研（木津）設置分は、原子力機構ネットワークの拠点間を接続するための WAN 回線である広域イーサネット網を介して接続している。

ネットワークの回線容量については、原科研及び大洗センター内と、原科研と大洗センター間及び、関西研（木津）内は、1Gbps の速度を有している。一方、原科研及び大洗センターと関西研（木津）間は、広域イーサネット回線のため、原科研側は 200Mbps、関西研（木津）側は 70Mbps の速度となっている。

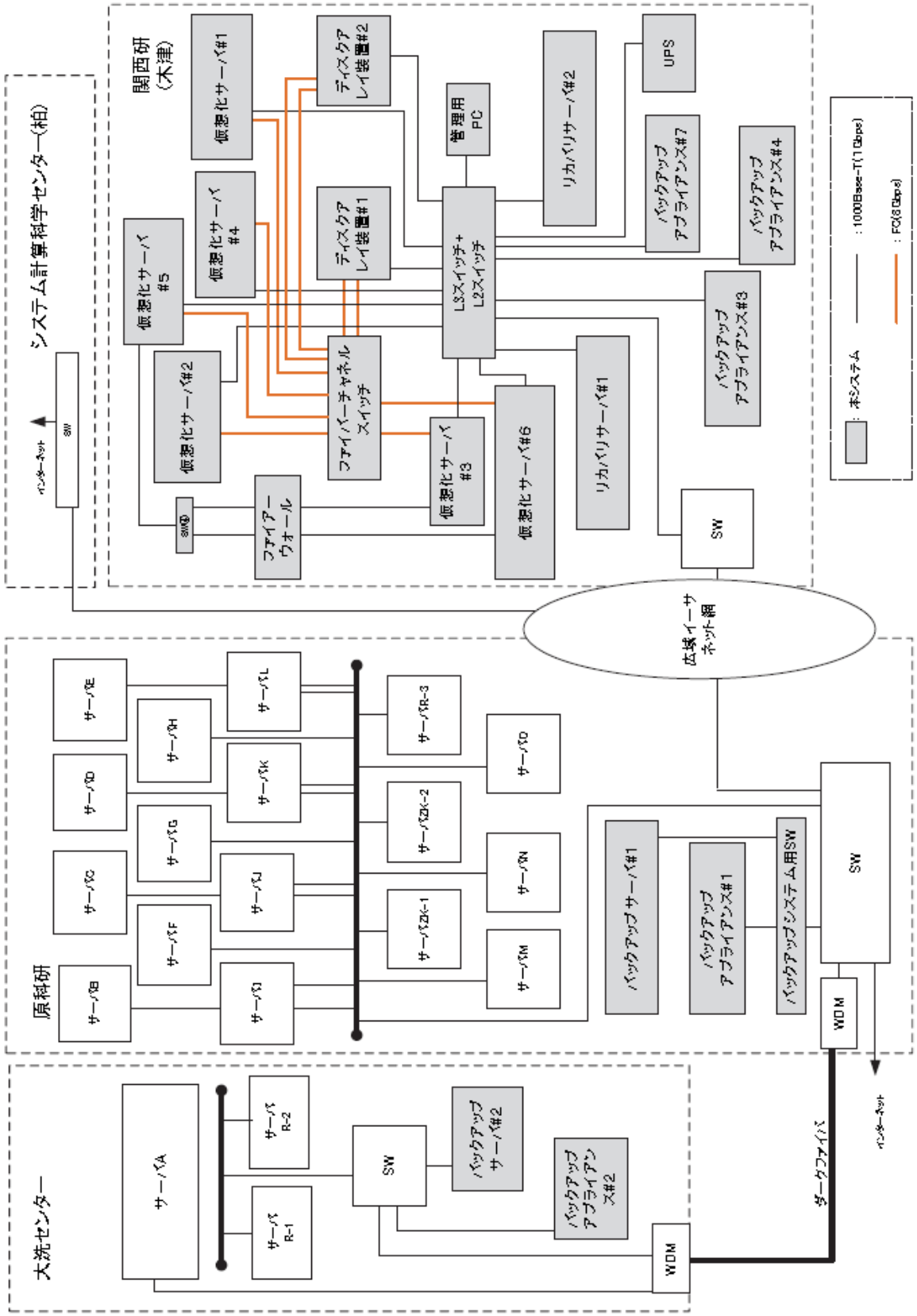

図３－１　本システムのネットワーク構成概念図

３.３　バックアップ対象サーバ

現時点でのバックアップ及び代替対象の主要 IT インフラのサーバ一覧を表３－４に示す。対象サーバの名称は、簡易的にサーバ A、サーバ B として表示する。

表３－４　バックアップ及び代替対象の主要 IT インフラのサーバ一覧（１／２）

項番	対象サーバ / 代替対象※	OS / bit 数	使用ディスク容量
1	サーバ A / ○ (仮想化サーバ VMware、ブレード 5 台) 仮想 OS 数　: 54	Red Hat Enterprise Linux Server 5.6 64bit	1TB 程度
2	サーバ B / ×	Oracle Solaris 10 64bit	32GB 程度
3	サーバ C / ×	Red Hat Enterprise Linux Server 5.5 32bit	75MB 程度
4	サーバ D / ○	Turbo Linux 11 64bit	42GB 程度
5	サーバ E / ○	CentOS 5.6　64bit	1.3TB 程度
6	サーバ F / ○	Microsoft Windows Storage Server 2003 32bit	200GB 程度
7	サーバ ZK-1 / ×	Red Hat Enterprise Linux Server 5.3 64bit	3GB 程度
8	サーバ ZK-2 / ×	Microsoft Windows 2003 Server 32bit	6GB 程度
9	サーバ R-1 / ×	Microsoft Windows 2003 Server 32bit	1TB 程度
10	サーバ R-2 / ×	Microsoft Windows 2003 Server 32bit	0.5TB 程度
11	サーバ R-3 / ×	Microsoft Windows 2003 Server 64bit	0.5TB 程度
12	サーバ G / ○ (仮想化サーバ Hyper-V)	Cent OS 6.2 64bit	25GB 程度
13	サーバ H / ○ (仮想化サーバ VMware)	Red Hat Enterprise Linux Server 6.2 64bit	6.2GB 程度

表３－４　バックアップ及び代替対象の主要 IT インフラのサーバ一覧（２／２）

項番	対象サーバ / 代替対象※	OS / bit 数	使用ディスク容量
14	サーバＩ / ○	Red Hat Enterprise Linux Server 5.6 32bit	56GB 程度
15	サーバＪ / ○	Red Hat Enterprise Linux Server 5.6 32bit	34GB 程度
16	サーバＫ / ○ (仮想化サーバ Hyper-V)	Microsoft Windows 2003 Server 32bit	30GB 程度
17	サーバＬ / ○	Oracle Solaris 10 64bit	47GB 程度
18	サーバＭ / ○	Microsoft Windows 2008 Server 64bit	32GB 程度
19	サーバＮ / ○	Microsoft Windows 2003 Server 32bit	35GB 程度
20	サーバＯ / ×	Red Hat Enterprise Linux Server 6.2 64bit	13GB 程度

※代替対象　○ ： 仮想化サーバを構築する
　　× ： 仮想化サーバは構築せず、関西研（木津）へのデータのバックアップのみ実施

４．システム動作詳細

４．１　データのバックアップ及びリストア

４．１．１　データバックアップの流れ

本システムにおける、データバックアップ及びリストアの流れの概要について、図４－１に示す。本システムは、対象サーバの OS 等システム部分を除くデータについて、バックアップを実施する。バックアップは、バックアップサーバを経由してバックアップアプライアンスに保存される。バックアップサーバは、原科研及び大洗センターにそれぞれ設置されており、対象サーバの設置されているそれぞれの拠点のサーバがバックアップを実施する。但し、バックアップアプライアンスは、それぞれの拠点のバックアップサーバからのデータのみを保存するのではなく、対象サーバの用途に応じて、振り分けを行う。

次に、原科研及び大洗センターに設置されているバックアップアプライアンス（#1、#2）に保存されたデータは、その都度、関西研（木津）のバックアップアプライアンス（#3、#4）にレプリケーション※注６される。レプリケーションは、それぞれ対となっており、バックアップアプライアンスの#1 は#3 に、#2 は#4 にそれぞれコピーする。

レプリケーションは、原科研及び大洗センターの拠点内 LAN から、拠点間ネットワークである広域イーサネット回線を経由して実施する。広域イーサネット回線は、拠点内の LAN 回線と比較して容量に制限がある。そのため、バックアップにおける大容量データを送信することは、通常の業務利用にレスポンス低下等の影響を与えることになる。よって、できるだけ広域イーサネット回線にはバックアップのデータを流さないようにすることが重要となる。本システムでは、バックアップアプライアンスの「重複除外」と圧縮機能を利用して、最小限のデータ送信量を実現している。重複除外とは、既に送信したデータの一部分を記憶しており、その後のデータにおいて同じ部分があった場合には、データそのものは送信しない、という機能である。

これら重複除外と圧縮機能を利用しても、現在の広域イーサネット回線の容量は十分でないため、時間帯に応じて利用制限を実施することとした。本システムのレプリケーションに利用する広域イーサネット回線は、図３－１本システムのネットワーク構成図にあるとおり、原科研間の 200Mbps、関西研（木津）間の 70Mbps である。通常の LAN 回線の容量である 1Gbps と比較すると、関西研（木津）間で約 1/14 にもなる。利用制限は、勤務時間帯に合致する月曜から金曜日までの 8:00～20:00 は、20Mbps までとし、20:00～翌朝 8:00 まで及び、土日は制限無しとしている。これにより、勤務時間帯における通常業務への影響を抑えている。

注６）片方のシステム上のデータを、別の地域にあるシステムにコピーし、常に同期をとること。

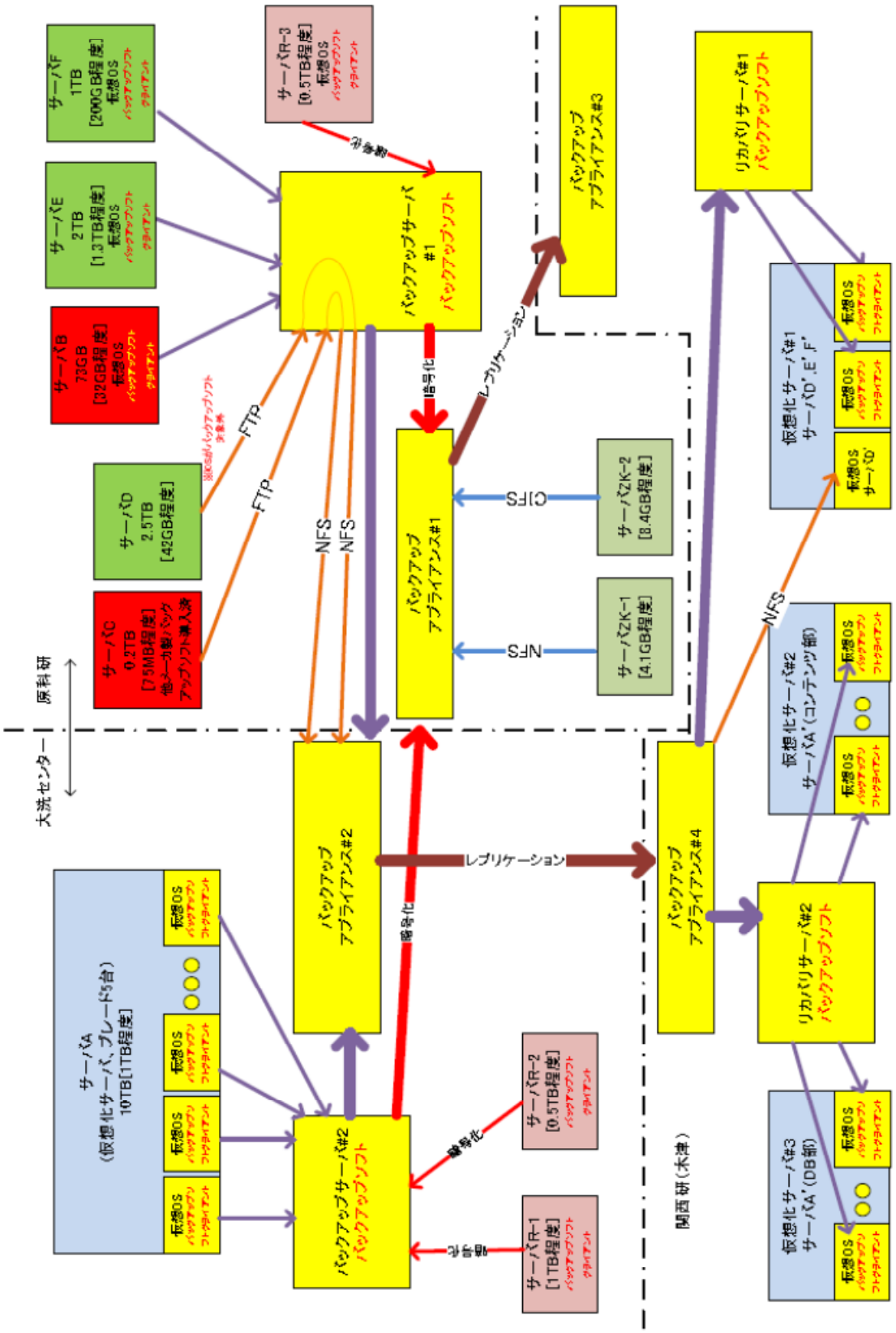

図４・１　データバックアップ及びリストアの流れ概要

４．１．２　データリストアの流れ

リストアは、関西研（木津）に設置されているバックアップアプライアンス（#3、#4）にコピーされたバックアップデータを、リカバリサーバ（#1、#2）が実施する。リカバリサーバは、それぞれ指定した仮想化サーバ（#1、#2）上にデータをリストアする。

バックアップデータは、前日にバックアップしたデータを翌日にリストアすることとしている。目標復旧時点 RPO として、24 時間に設定しており、災害・障害等が原科研又は大洗センターで発生した場合、1 日前のデータを用いてバックアップセンターにて、公開 WEB 及び主要 IT インフラの業務継続が可能となる。

なお、図４－１においては、データバックアップ及びリストアの流れを分かり易く説明するために、一部の対象サーバ、本システムの機器を省略している。

４．１．３　対象サーバ毎の方法

バックアップ及びリストアの方法は、対象サーバの現状構成、用途種類等によって、いくつかの方法をとっている。方法は、以下の 3 種類ある。

①バックアップソフトウェア利用
②FTP 利用
③NFS/CIFS 利用

それぞれの方法の詳細について、以下に述べる。

①バックアップソフトウェア利用

対象サーバに本システムで利用するバックアップソフトウェアのクライアントを導入して利用する。バックアップ及びリストア方法は、バックアップクライアントソフトウェアがバックアップサーバ又はリカバリサーバからの指示により実施する。

②FTP 利用

対象サーバの OS の種類によっては、①のバックアップソフトウェアが利用できない場合もある。また、既に別のバックアップソフトウェアがインストールされていることにより、本システムのバックアップソフトウェアと競合するためインストールできない場合もある。この時、FTP が利用できる場合は、バックアップサーバを経由せず直接バックアップアプライアンスにデータを送信する。

③NFS/CIFS 利用

②と同様に NFS/CIFS が利用できる場合は、バックアップサーバを経由せず直接バックアップアプライアンスにデータをコピーする。

上記において②と③の違いは無く、対象サーバの管理者と調整し、実施し易い方を選択している。

４．１．４　動作フロー

バックアップ及びリストアの動作フローについて詳細を述べる。

①バックアップソフトウェア利用の場合

バックアップソフトウェアのクライアントを対象サーバにインストールして、バックアップを行う場合は、2 つのパターンがある。まず、代替対象サーバでない場合の動作を図４－２バックアップソフトウェア利用のフロー（リストア対象無）に示す。

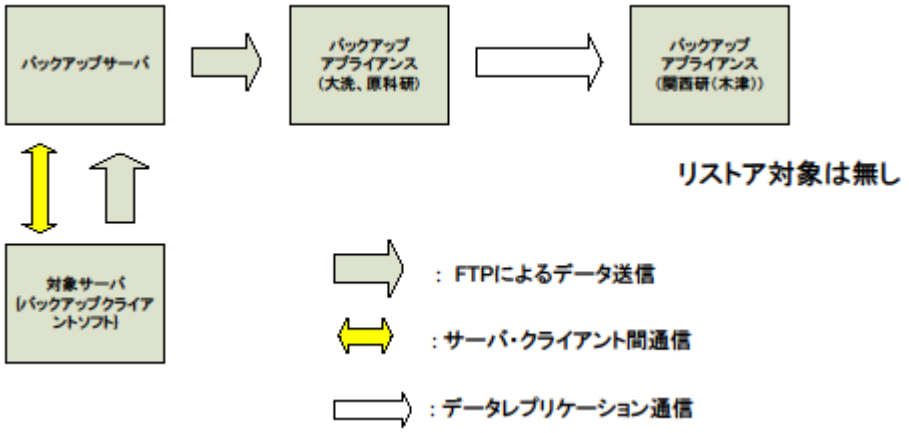

図４－２　バックアップソフトウェア利用のフロー（リストア対象無）

バックアップクライアントソフトをインストールした対象サーバと、バックアップサーバ間で通信を行い、指定された時間にバックアップ処理を実施する。データは、FTP にてバックアップサーバを経由して、バックアップアプライアンス（#1、#2、#5、#6 のどれか）に送信される。バックアップアプライアンスに送信されたデータは、重複除外及び圧縮を行い、必要なデータのみ関西研（木津）に設置されているバックアップアプライアンス（#3、#4、#7 のどれか）にレプリケーションされる。代替対象サーバでない場合、仮想化サーバへのリストアは行わないので、ここまでで終わりとなる。

また、データの重要性に応じて暗号化処理を実施する場合は、バックアップクライアント祖ソフト側で暗号化処理をして、バックアップアプライアンスにデータを転送する。

次に、代替対象サーバの場合の動作を図４－３バックアップソフトウェア利用のフロー（リストア対象有）に示す。

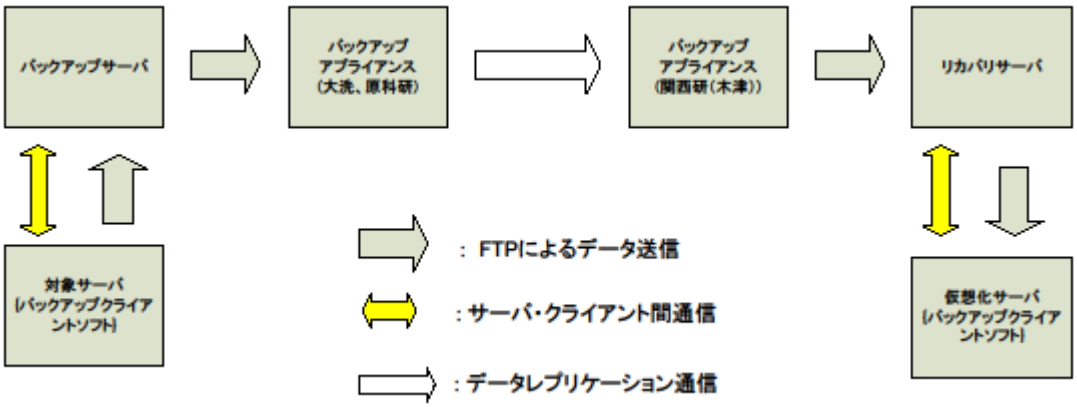

図４－３　バックアップソフトウェア利用のフロー（リストア対象有）

関西研（木津）に設置されているバックアップアプライアンスまでのデータの流れは、図４－２バックアップソフトウェア利用のフロー（リストア対象無）と同じである。その後に、リカバリサーバと仮想化サーバ上のそれぞれ対象サーバの各仮想サーバと通信を行い、バックアップアプライアンス（#3、#4、#7 のどれか）から、FTP にてリカバリサーバを経由して、仮想化サーバ上の各仮想サーバ上にデータがリストアされる。

また、対象サーバ固有（WEB サーバ、DB サーバ等）の状況により、上記の流れの中でいくつかの処理を行う必要がある場合がある。対象サーバにインストールされているコンピュータウイルス対策ソフトウェアが動作していることによって、CPU 負荷が 100%に達し、バックアップ処理に非常に時間がかかってしまうことがある。この場合、バックアップ処理を実施する前に、コンピュータウイルス対策ソフトウェアを一時停止してバックアップを行い、処理が終了したら起動するという手順を踏んでいる。

リストア処理についても、仮想サーバにおいて、コンピュータウイルス対策ソフトウェアを一時停止する。次に、仮想サーバが WEB サーバの場合、WEB サーバソフトウェアを停止してから、リストアを実施する。リストア終了後、WEB サーバソフトウェアを起動、更にコンピュータウイルス対策ソフトウェアを起動して、リストア終了となる。

次に、対象サーバが DB サーバの場合、バックアップ処理においては、対象サーバのコンピュータウイルス対策ソフトウェアを一時停止し、データベースのデータを外部データベースに取り込める形式に一括出力（エクスポート）する。そして、バックアップ処理を実施し、処理が終了したらコンピュータウイルス対策ソフトウェアを起動する。一方、リストア処理においては、仮想サーバのコンピュータウイルス対策ソフトウェア、データベースを一時停止し、リストア処理を実施し終了したら、データベースとコンピュータウイルス対策ソフトウェアを起動して終了となる。

リストア処理において、フルバックアップ※注7を実施した場合のフルリストア※注8は、一度リストア対象のデータを全て削除する。削除することによって、以前はあったファイルがその後消去されている場合、フルリストア処理が実施された後も、ファイルが残っているという不具合を解消するためである。

②FTP 利用の場合

FTP 利用の場合の動作を図４－４FTP 利用のフローに示す。

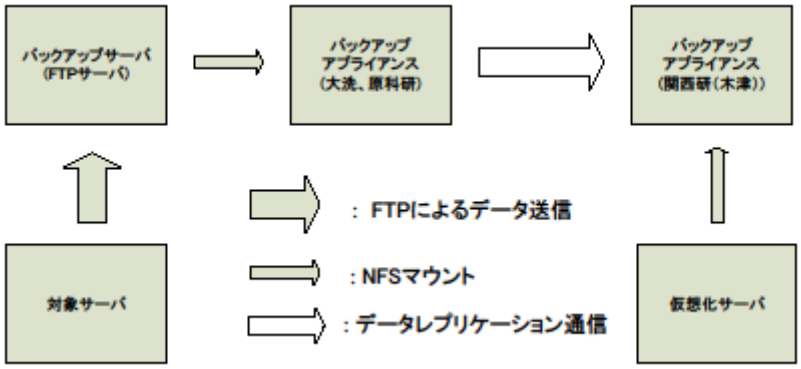

図４－４　FTP 利用のフロー

FTP 利用の場合は､対象サーバから FTP サーバを兼ねたバックアップサーバにデータを送信(PUT)する。バックアップサーバに送信されたデータは、原科研又は大洗センター設置のバックアップアプライアンスに NFS マウントすることによって、バックアップを実施する。その後、関西研（木津）設置のバックアップアプライアンスにレプリケーションされる。次に、仮想化サーバ上の仮想サーバからバックアップアプライアンスを NFS マウントすることによって、バックアップデータをリストアする。

また、一部の対象サーバについては、仮想サーバを構築していない場合もあり、その時は、関西研（木津）設置のバックアップアプライアンスまでで終了となる。

注７）対象全てのデータのバックアップを取ること。

注８）フルバックアップした全てのデータをリストアすること。

③NFS/CIFS 利用

NFS/CIFS 利用の場合の動作を図４－５NFS/CIFS 利用のフローに示す。

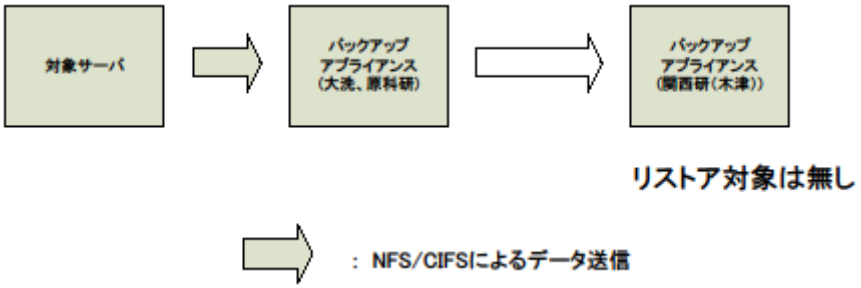

図４－５　NFS/CIFS 利用のフロー

NFS/CIFS 利用の場合は、対象サーバから原科研又は大洗センターのバックアップアプライアンスに NFS 又は CIFS にてマウントし、データをコピーする。その後、関西研（木津）設置のバックアップアプライアンスにレプリケーションされる。現状、NFS/CIFS 利用のパターンでは、仮想サーバを構築していないため、ここで終了となる。

４．２　仮想化環境

関西研（木津）に設置されている仮想化サーバは、原科研又は大洗設置の代替対象サーバ用のサーバ環境を提供する。仮想化とは、これまでのサーバは物理的にひとつのサーバ機器にひとつの OS が搭載されていくつかのサービスが提供されていたが、ひとつのサーバ機器に複数の OS を搭載し、あたかも複数のサーバがあるように使える技術である。そのため、物理的に複数あるサーバを管理・運用する場合と比べ、購入、ランニング、運用コストが削減できるというメリットがある。今回の代替環境として考える場合、通常は利用しないサーバであることから、できるだけコストは削減しておく必要がある。よって、本システムの代替対象サーバ用としては、仮想化サーバを利用することとした。

但し、仮想化サーバも万能では無く、仮想化サーバ上に構築できる OS の種類が限定されるというデメリットもある。今回の対象サーバにおいても、仮想化サーバ上に構築できないサーバもあり、その場合は仮想化サーバを構築していない。よって今後は、代替環境を構築することを想定し、主要 IT インフラサーバの OS を選択することを考慮しておく必要がある。また、利用するアプリケーションについては、市販アプリケーションを利用している場合、当然代替環境でも同じアプリケーションを利用することになる。その場合、新規にライセンスを必要になる場合が多いため、コスト増加という負担が発生する。今後、代替対象サーバを追加していくに当たり、対象サーバの重要性と、予算とのバランスを考慮し検討していく必要がある。仮想化サーバでは、運用の容易性から仮想化サーバ上に構築する OS は必要最小限の種類としている。現状は、Linux と Windows の 2 つの OS をサポートしている。

また、仮想サーバのリソース（CPU、メモリ、ディスク容量）割り当てについては、対象サーバの半分程度とした。災害又は障害時の一時的な運用であることを考え、通常運用時と同等のスペックの機器は用意しない。つまり、ある程度処理性能は落ちるが、サービスの継続提供は可能と

考え、コストとのバランスをとっている。

本システムの仮想化サーバは、以下の 3 種類のサーバで構成されている。

①イントラネット用サーバ
②外部公開用コンテンツサーバ
③外部公開用データベースサーバ

①イントラネット用サーバは、代替対象サーバがイントラネット向けのサーバ群を構築している仮想化サーバである。次に、②外部公開用コンテンツサーバは、原子力機構の外部公開 WEB サーバ群のコンテンツ部分を構築しているサーバである。最後の③外部公開用データベースサーバは、原子力機構の外部公開 WEB サーバ群のデータベース部分を構築しているサーバである。

これら 3 種類のサーバは、メンテナンスや障害時に仮想サーバを切り替えし、継続運用可能な様に、それぞれもう 1 台ずつ整備している。

仮想化サーバ上の各代替サーバは、全て仮想化環境管理サーバにて管理している。

４．３　バックアップ及びリストアポリシー

対象サーバのバックアップ（FTP 利用も含む）は、サーバ側での処理が行われていない時間帯及び、各サーバのサービス利用が低くなる時間帯である夜間から早朝にかけて実施し、更に対象サーバ毎に時間帯を分け、バックアップサーバの処理が集中しないよう調整している。なお、バックアップ対象データは、OS 等システム以外のファイルである。

本システムのバックアップ手法は、フルバックアップと差分バックアップ※注９の 2 つを利用している。対象サーバの保持しているデータ量に応じて、手法の使い分けを実施している。毎日フルバックアップを実施している場合もあるが、基本的には週 1 回又は月 1 回、フルバックアップを実施し、その他の日は差分バックアップを実施している。

また、フルバックアップと差分バックアップ（複数日分）を 1 セットとし、これを 3 セット保管することによって、直近のバックアップ日以前のデータを復旧したい場合に備えている。但し、今後バックアップ対象サーバが増加し、ディスク容量が逼迫する場合は、セット数の削減も考慮する。

４．４　バックアップ及びリストア実績

バックアップとリストア処理について、1 週間分の実績を図４－６バックアップ及びリストア実績に示す。なお、図中には一部の対象サーバのみ記載している。図中の黒四角で塗りつぶされている時間帯にバックアップを実施していることを表している。但し、一つの四角が塗りつぶされていても 1 時間かかっているわけではなく、数分で終了している場合もあり、この時間帯に実施しているという意味である。

サーバ A については、各個別サーバ（仮想サーバ）の容量が現時点では少量であり、かつサーバ数が多いため月一回フルバックアップを実施し、その他の日は差分バックアップとしている。フルバックアップは、それぞれのサーバを数台のグループに分け、一日毎に実施している。現時

注９）フルバックアップ後に変更されたデータのみバックアップを取ること。

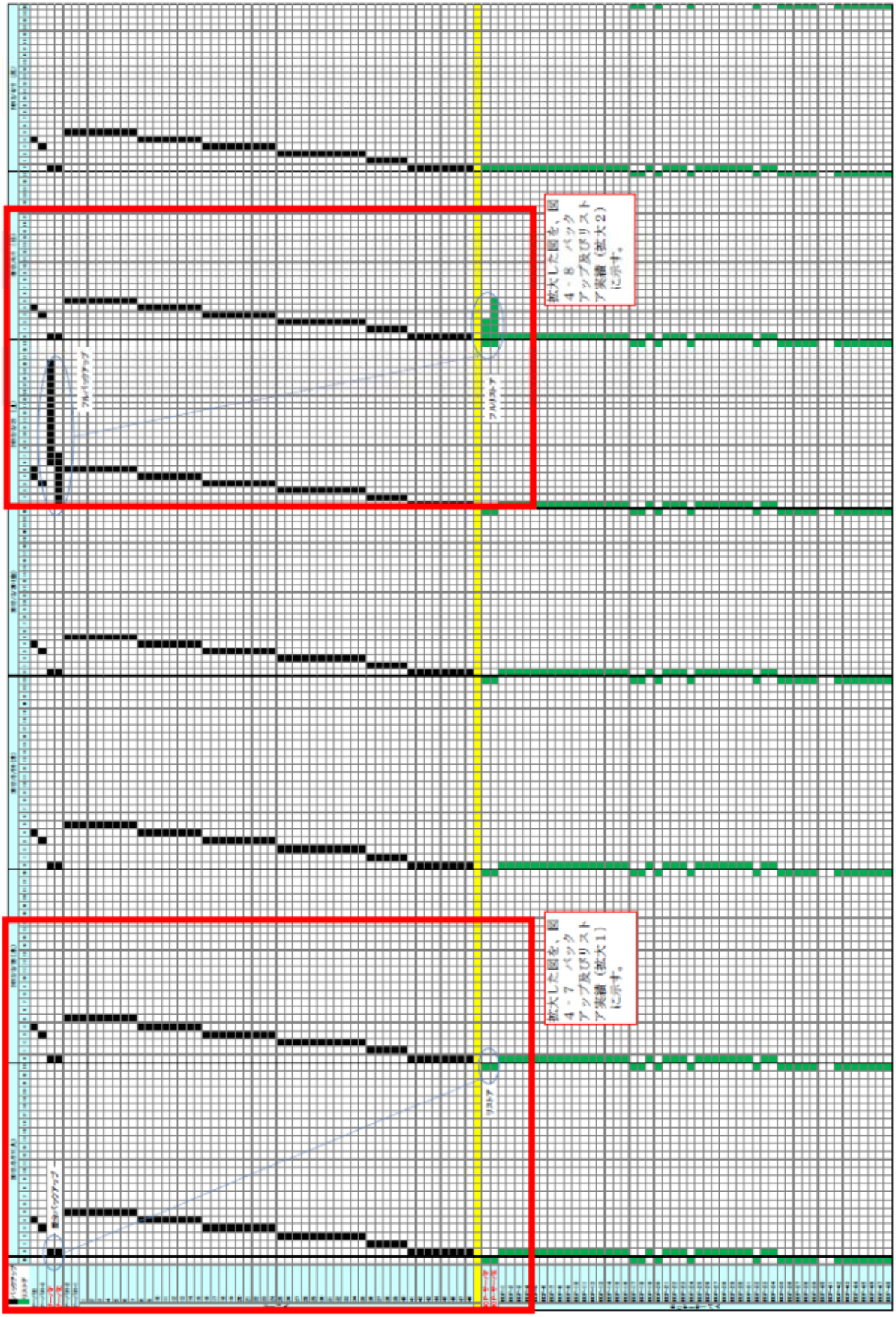

図4－6 バックアップ及びリストア実績

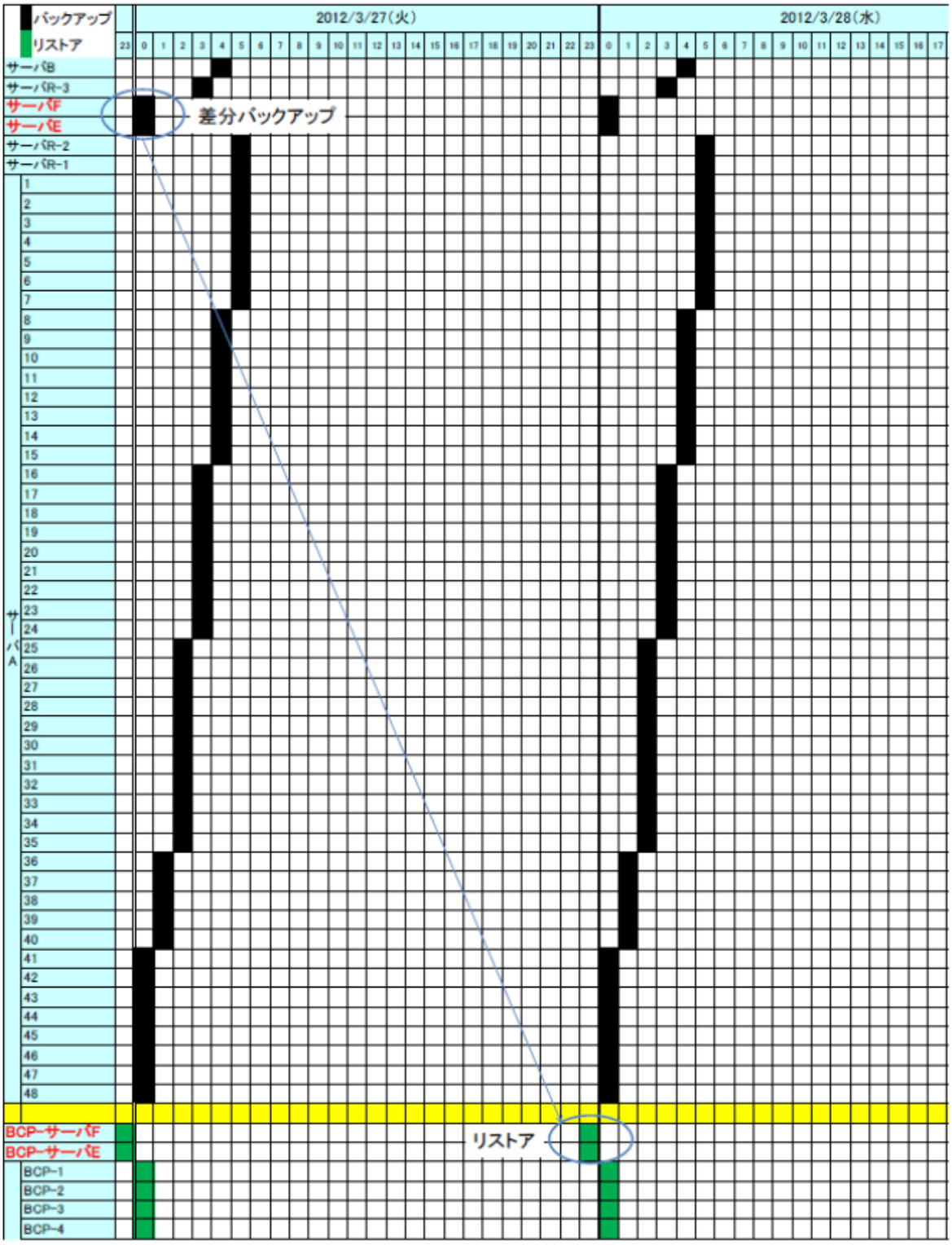

図４－７　バックアップ及びリストア実績（拡大１）

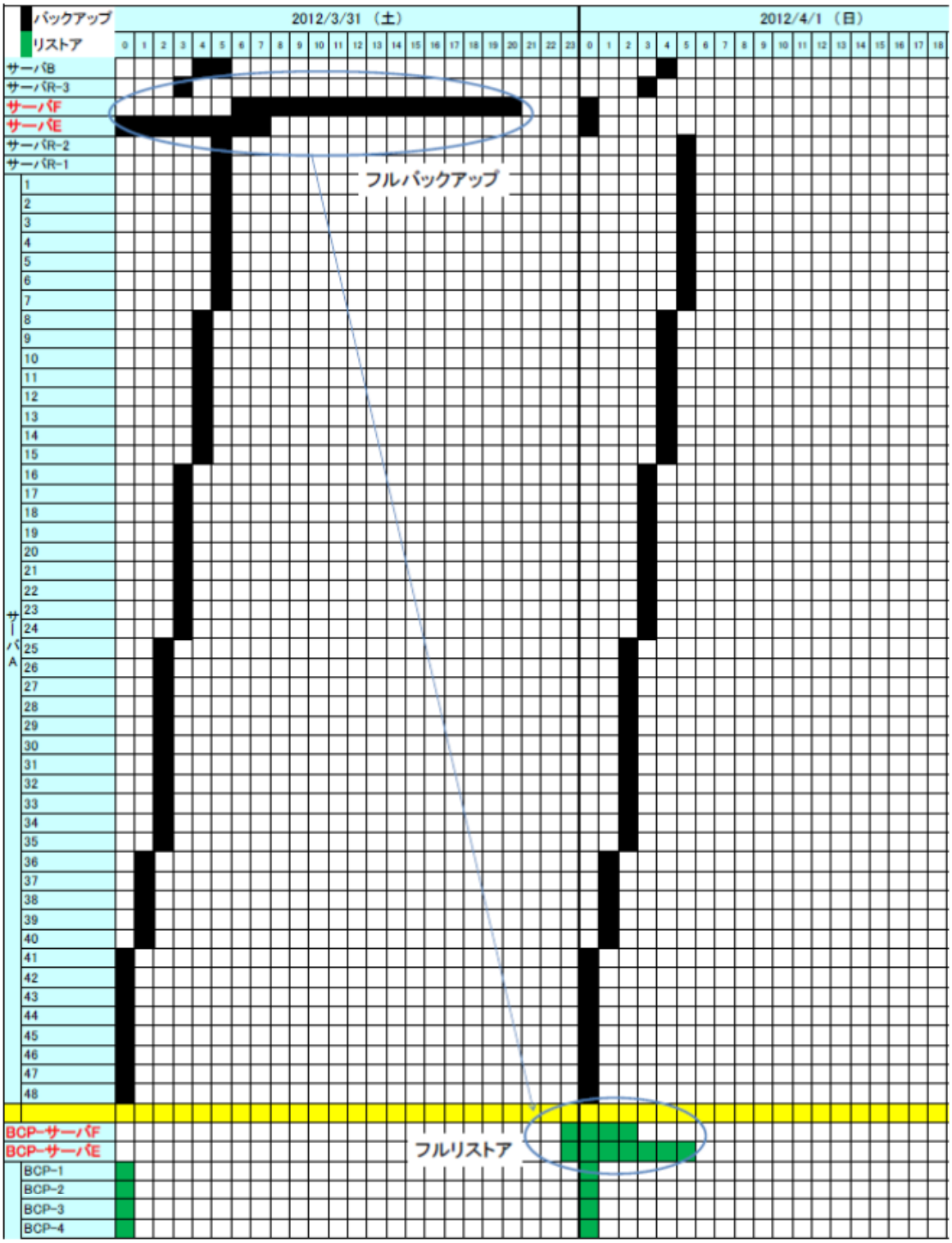

図４－８　バックアップ及びリストア実績（拡大２）

点では、データが少量のため、フルバックアップ、差分バックアップとも1時間以内で終了している。例えば、サーバAの1と2(仮想サーバはBCP-1とBCP-2)をひとつのグループとしており、これらは毎月1日がフルバックアップを実施し、その他の日は差分バックアップとしている。リストアは、フルバックアップが実施された日の翌日である2日にフルリストアを実施し、その他の日は差分バックアップ分をリストアしている。

サーバEとFについては、図４－７　バックアップ及びリストア実績（拡大１)、図４－８　バックアップ及びリストア実績（拡大２）に示すとおり、平日の0時から1時の間に差分バックアップを実施している、2012年3月28日（水）の0時から1時の間にバックアップした差分データは、当日の23時から24時の間にリストアされている。3月31日（土）には、フルバックアップを実施しており、それぞれ、サーバEは8時間程度、サーバFは15時間程度かかっている。これらのデータのフルリストアは当日の23時から開始し、それぞれ8時間後、11時間後に完了している。

４．５　データの重複除外

バックアップアプライアンスは、各メーカにおいて公表されている圧縮率がある。圧縮率とは、実際にバックアップとして転送されたデータ量を、そのデータの重複除外と圧縮を実施して最終的に保存されたデータ量で割ったものである。圧縮率は、各メーカともデータの種類によって、数倍から数十倍程度の実績値となっている。但し、実際には企業等によって使用しているデータの種類や、ファイル数の違いから公表値とは必ずしも一致しない場合が多い。そこで、本システムにおける圧縮率について調査した。

取得したデータは、バックアップアプライアンス（#1、#2）それぞれの実績値である。但し、取得期間は、平成24年4月から8月の8ヶ月間である。この期間のバックアップ対象サーバは、A～F、R-1～3、ZK-1～2である。サーバ R-1～3、ZK-1～2のバックアップデータは、バックアップアプライアンス1に保存し、サーバA～Fはバックアップアプライアンス2に保存することとしている。サーバR-1～3、ZK-1～2のデータはデータベースが主となっており、サーバA～Fは、WEBのコンテンツ、データベース、通常のオフィス利用で作成されるワープロ文書や表計算文書が主となっている。また、これらのデータ量は、バックアップソフトウェア利用の場合は3世代分すべてを含んだ総量である。

バックアップデータの重複除外と圧縮前後のデータ量と圧縮率の結果について、バックアップアプライアンス#1を図４－９、バックアップアプライアンス2を図４－１０に示す。バックアップアプライアンス#1については図４－９のとおり、データ量が圧縮等の前で約110～140GBあり、圧縮等後で約50～90GBに減っており、圧縮率としては約1.5～2.2倍の効果がある。一方、バックアップアプライアンス#2 については図４－１０のとおり、データ量が圧縮等の前で約 4～6TBあり、圧縮等後で約2～3TBに減っており、圧縮率としては約2倍の効果がある。このように、バックアップするデータの種類が混在している環境では、メーカ公表値ほどにはなっていない。これは、メーカ公表値は、特定のファイル（例えば画像データ、データベースデータ等）のみを対象としているためである。しかし、圧縮率として約2倍の効果が得られていることから、ディスクのコストが 1/2 になるため、十分なコスト及び電力削減効果が得られることがわかった。

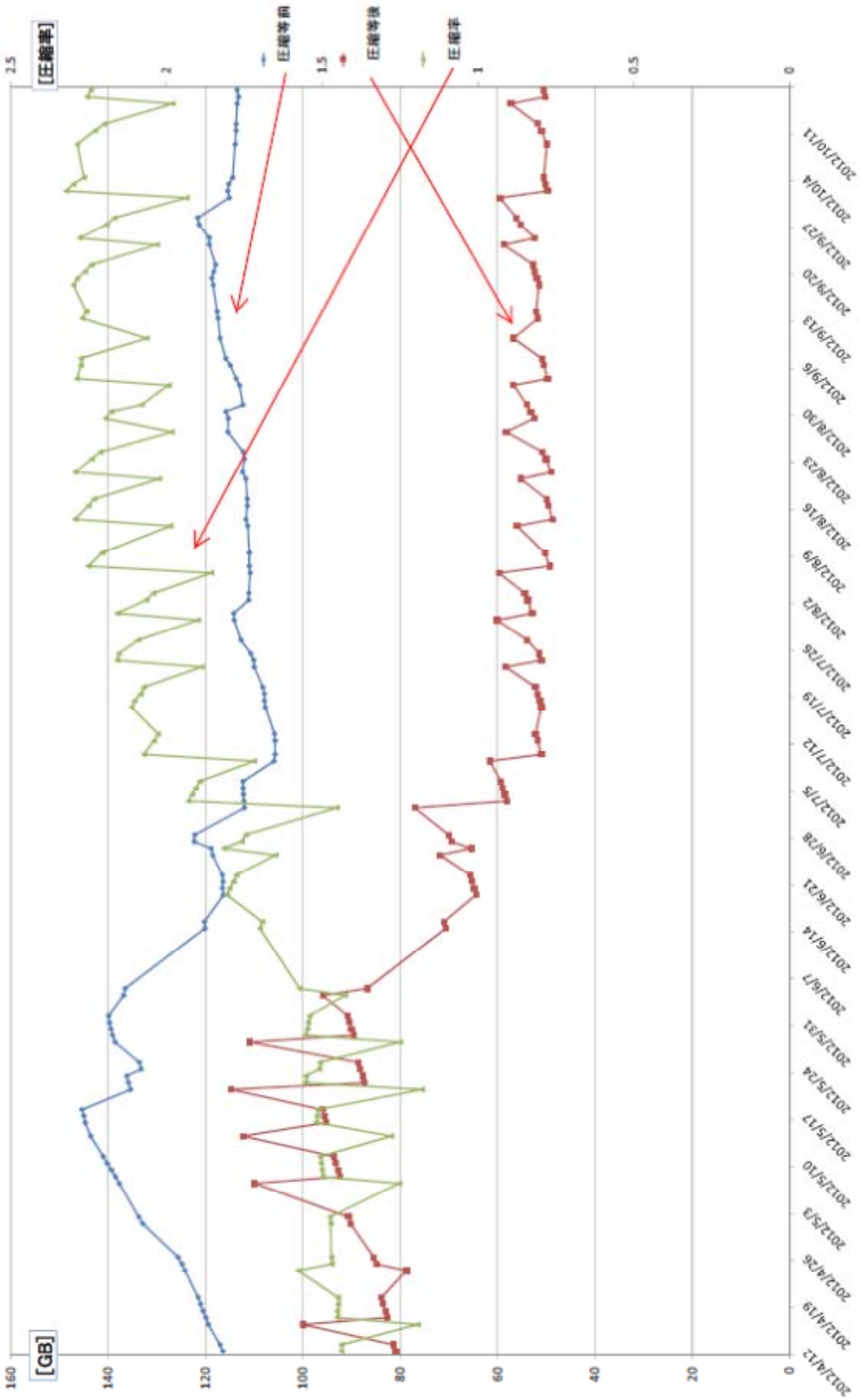

図４－９　バックアップデータの重複除外と圧縮前後のデータ量と圧縮率（バックアップアプライアンス#1）

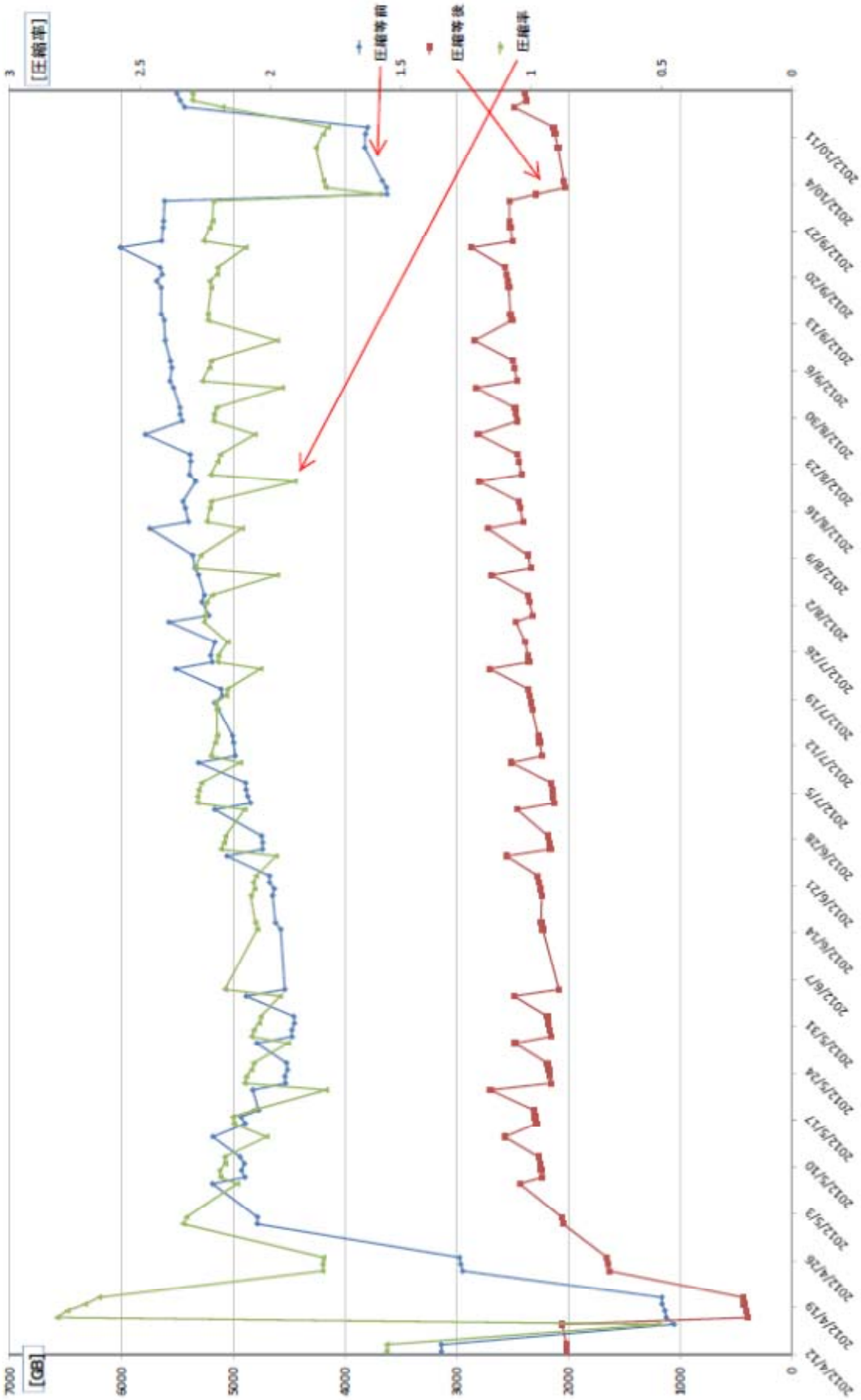

図４－１０　バックアップデータの重複除外と圧縮前後のデータ量と圧縮率（バックアップアプライアンス#2）

４．６　本システムのバックアップ

本システムは、主要 IT インフラのデータのバックアップを行うシステムであり、本システム自身で重要なデータを保持しているわけではない。よって、本システムにおけるバックアップは、OS 等のシステムデータをバックアップし、本システムを構成する各サーバの障害によるシステムデータの喪失を想定している。本システムは、構成機器が多いことから故障等の障害確率も高くなるため、システムデータのバックアップを取っておくことにより、万が一の障害に迅速に復旧できる様、対策を施しておく。

バックアップデータは、各機器のハードウェア障害はもちろんのこと、バックアップセンターにおける大規模地震等の災害によるシステム損壊も考慮し、本システムのバックアップアプライアンスを利用する。通常のシステム動作は、茨城地区（原科研及び大洗センター）から関西研（木津）へのデータのレプリケーションによるバックアップを実施している。一方、本システムのバックアップでは、関西研（木津）から茨城地区にデータのレプリケーションによるバックアップを行う。但し、茨城地区に設置されているバックアップサーバ及びバックアップアプライアンスのシステムデータについては、通常の動作と同様に、関西研（木津）のバックアップアプライアンスに保存する。これらにより、茨城地区又は関西研（木津）設置の各機器の障害や、拠点の IT インフラが全滅するほどの大規模災害が発生した場合でも、各機器の復旧を迅速に行え、システム停止時間を最短とし、本来の目的である主要 IT インフラのバックアップ運用が継続できる。但し、大規模災害等によっても、茨城地区と関西研（木津）が同時には被災しないことを前提としている。

５．被災時又は障害時における本システムの動作

５．１　被災時又は障害時の本システムへの切り替え

大規模地震等の被災時又は、茨城地区主要 IT インフラの障害時における本システムの動作について述べる。

大規模地震等により茨城地区の IT インフラが全滅した場合を想定する。まず公開 WEB サーバについては、バックアップセンターに整備したインターネット接続環境を用いて、本システムの仮想化サーバ上に構築した公開 WEB サーバの代替サーバにて外部公開を行う。原科研の接続環境からバックアップセンター環境への切り替え作業は、別途整備している手順書に則り、原科研又は関西研（木津）の管理者が行う。切り替え後、利用者は PC 等の設定変更は必要なく、バックアップセンターの仮想環境の公開 WEB サーバを閲覧することが可能となる。現在、外部公開に必要なセキュリティ機器を整備しており、平成 25 年度からは安全な外部公開が可能になる予定である。

また、イントラネット用の主要 IT インフラ（イントラネット WEB 等）についても、切り替え作業は管理者側で実施し、利用者側での PC 等の設定変更は必要なく、バックアップセンターの代替サーバを利用可能となる。

次に、茨城地区主要 IT インフラの障害時の場合を想定する。茨城地区の主要 IT インフラのハードウェア障害等により、サービスの提供に時間がかかると判断した場合は、管理者はバックアップセンターの代替サーバを利用できる様に切り替え作業を行う。その場合も、利用者側での設定変更との作業は必要ない。

５．２　対象サーバへのデータリストア

主要 IT インフラである対象サーバのリストアは、関西研（木津）に設置されている仮想化サーバ上の各代替サーバに実施することが基本となっている。よって、茨城地区の主要 IT インフラがハードウェア故障等によって、データが消失した場合は、それぞれのサーバで個別に実施しているバックアップデータから復旧を行う。しかし、大規模地震等による被災の場合は、個別のバックアップは基本的に茨城地区に保管している場合が殆どであり、バックアップデータも消失する確率が高い。

ここでは、茨城地区における大規模地震が発生し、バックアップデータも含む全てが消失した際の主要 IT インフラへのデータリストアについて述べる。

茨城地区が被災した場合、茨城地区の各主要 IT インフラのハードウェア調達等のシステム復旧作業を実施すると共に、関西研（木津）設置の仮想サーバにてサービスを継続する。茨城地区のハードウェアが復旧し、OS 等各種設定作業が完了したら、関西研（木津）のバックアップアプライアンスから、データを復旧した対象サーバにリストアできる機能を持つ。これにより、茨城地区での大規模地震等の被災に伴う IT インフラ全滅からの復旧が可能となる。

6．今後の展開

現在は、主要 IT インフラのうちシステム計算科学センターが運用管理を行っているシステムを中心に、そのデータのバックアップを実施しつつ、データ及びサーバ機能バックアップシステムの動作確認や運用スケジュール・パラメータの調整、問題点等の抽出を行っている。

今後の展開として、東日本大震災のような大規模災害の発生時は、通常運用人員の確保が難しいことから、本システムの運用をできる限り自動化するとともに対応マニュアルを整備していく。予備系メールシステムとインターネット接続環境の切り替えについては、関連機器の設定変更後の動作確認が逐一必要となり自動化できないため切り替え手順書を整備しているが、機器の保守・交換や計画停電等の機会をとらえて切り替え訓練を実施し、手順書どおりに実施できるか、手順書に不備が無いか、どの程度の時間を要するか等について確認していく。

一方、原子力機構業務継続計画（案）では、重要業務システムの主管部署は、当システムが被災した場合に復旧を迅速に行うため、必要に応じてバックアップデータを遠隔地又は十分な耐震強度が期待される拠点内の建屋に保管することとしている。これらの重要業務システム毎の遠隔地へのバックアップデータの保管については、本システムを利用することで、主管部署毎に検討・整備する時間とコストを大幅に削減できる。よって、あらかじめ定めた業務優先度の高い他部門等が運用管理しているシステムを、本システムのバックアップ対象とするべく主管部署との調整を考えている。

なお、本システムの運用においては、限られた人員と予算の中で実施していることから、対象とするサーバの OS やアプリケーションソフトウェアについてはできる限り、本システムの仮想環境にてサポートされているものに統一していくことが望ましい。これまで運用されている重要業務システムについては、各運用管理部署にて開発、導入していることから様々なハードウェア、OS、アプリケーションソフトウェアで構築されているため、十分に事前の確認及び対策検討を行う必要がある。

7．おわりに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災を契機に、BCP 環境の基本要件、機能及び構成を検討し、インターネット接続環境と予備系メールシステムを有する「バックアップセンター」を平成 23 年度に関西研（木津）に設置した。更に、データ及びサーバ機能バックアップシステムを構築し、平成 24 年度より運用を開始した。本システムの整備により、茨城地区設置の主要 IT インフラの遠隔地へのデータ及びサーバ機能のバックアップが実施できるようになった。これにより、茨城地区での大規模災害による被災や各システムのハードウェア障害等によるデータ消失に対応でき、業務の停止期間をできるたけ短くし、業務を継続することが可能となった。

謝辞

本報告書をとりまとめるにあたり、ご指導とご助言頂いたシステム計算科学センター青柳哲雄技術主席、情報システム管理室の久米悦雄室長、清水大志室長代理に深く感謝の意を表します。

参考文献

1) 業務・システム最適化の推進　：
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/gyoukan/kanri/a_01-02.html
(accessed 2012-11-20) .
2) 平山　孝, 神成　政明, 佐藤　智彦, 原子力機構ネットワークにおける WAN 高速化装置の導入, JAEA-Testing　2012-002, 2012, 29p
3) 事業継続計画策定ガイドライン　：
http://www.meti.go.jp/policy/netsecurity/downloadfiles/6_bcpguide.pdf
(accessed 2012-11-21) .

This is a blank page.

国際単位系（SI）

表１．SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表２．基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m^2
体積	立法メートル	m^3
速さ，速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s^2
波数	毎メートル	m^{-1}
密度，質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m^2
比体積	立方メートル毎キログラム	m^3/kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m^2
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度[a]，濃度	モル毎立方メートル	mol/m^3
質量濃度	キログラム毎立法メートル	kg/m^3
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率[b]	（数字の） 1	1
比透磁率[b]	（数字の） 1	1

(a) 量濃度（amount concentration）は臨床化学の分野では物質濃度（substance concentration）ともよばれる。
(b) これらは無次元量あるいは次元１をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の１は通常は表記しない。

表３．固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン[b]	rad	1 [b]	m/m
立体角	ステラジアン[b]	sr[c]	1 [b]	m^2/m^2
周波数	ヘルツ[d]	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		$m\ kg\ s^{-2}$
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
仕事率，工率，放射束	ワット	W	J/s	$m^2\ kg\ s^{-3}$
電荷，電気量	クーロン	C		s A
電位差（電圧），起電力	ボルト	V	W/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度[e]	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd sr[c]	cd
照度	ルクス	lx	lm/m^2	$m^{-2}\ cd$
放射性核種の放射能[f]	ベクレル[d]	Bq		s^{-1}
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト[g]	Sv	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
酸素活性	カタール	kat		$s^{-1}\ mol$

(a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
(b)ラジアンとステラジアンは数字の１に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の１は明示されない。
(c)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
(d)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
(e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
(f)放射性核種の放射能（activity referred to a radionuclide）は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
(g)単位シーベルト（PV,2002,70,205）についてはCIPM勧告2（CI-2002）を参照。

表４．単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	$m^{-1}\ kg\ s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	$kg\ s^{-2}$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m\ m^{-1}\ s^{-1}=s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s^2	$m\ m^{-1}\ s^{-2}=s^{-2}$
熱流密度，放射照度	ワット毎平方メートル	W/m^2	$kg\ s^{-3}$
熱容量，エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}$
比熱容量，比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2\ s^{-2}\ K^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	$m\ kg\ s^{-3}\ K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m^3	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	$m\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m^3	$m^{-3}\ sA$
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ sA$
電束密度，電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ sA$
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	$m\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2\ kg\ s^{-2}\ mol^{-1}$
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}\ mol^{-1}$
照射線量（X線及びγ線）	クーロン毎キログラム	C/kg	$kg^{-1}\ sA$
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^2\ s^{-3}$
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4\ m^{-2}\ kg\ s^{-3}=m^2\ kg\ s^{-3}$
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2\ sr)$	$m^2\ m^{-2}\ kg\ s^{-3}=kg\ s^{-3}$
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m^3	$m^{-3}\ s^{-1}\ mol$

表５．SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10^{24}	ヨタ	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	c
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^{3}	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表６．SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	’	1’=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	”	1”=(1/60)’=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	$1ha=1hm^2=10^4m^2$
リットル	L, l	$1L=1l=1dm^3=10^3cm^3=10^{-3}m^3$
トン	t	$1t=10^3$ kg

表７．SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.602\ 176\ 53(14)\times10^{-19}J$
ダルトン	Da	$1Da=1.660\ 538\ 86(28)\times10^{-27}kg$
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	$1ua=1.495\ 978\ 706\ 91(6)\times10^{11}m$

表８．SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	$1\ bar=0.1MPa=100kPa=10^5Pa$
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	$1\ Å=0.1nm=100pm=10^{-10}m$
海里	M	1 M=1852m
バーン	b	$1\ b=100fm^2=(10^{-12}cm)2=10^{-28}m^2$
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベル	B	
デジベル	dB	

表９．固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	$1\ erg=10^{-7}\ J$
ダイン	dyn	$1\ dyn=10^{-5}N$
ポアズ	P	$1\ P=1\ dyn\ s\ cm^{-2}=0.1Pa\ s$
ストークス	St	$1\ St\ =1cm^2\ s^{-1}=10^{-4}m^2\ s^{-1}$
スチルブ	sb	$1\ sb\ =1cd\ cm^{-2}=10^4cd\ m^{-2}$
フォト	ph	$1\ ph=1cd\ sr\ cm^{-2}\ 10^4lx$
ガル	Gal	$1\ Gal\ =1cm\ s^{-2}=10^{-2}ms^{-2}$
マクスウェル	Mx	$1\ Mx = 1G\ cm^2=10^{-8}Wb$
ガウス	G	$1\ G\ =1Mx\ cm^{-2}\ =10^{-4}T$
エルステッド[c]	Oe	$1\ Oe \triangleq (10^3/4\pi)A\ m^{-1}$

(c) ３元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ≙ 」は対応関係を示すものである。

表10．SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	$1\ Ci=3.7\times10^{10}Bq$
レントゲン	R	$1\ R = 2.58\times10^{-4}C/kg$
ラド	rad	$1\ rad=1cGy=10^{-2}Gy$
レム	rem	$1\ rem=1\ cSv=10^{-2}Sv$
ガンマ	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フェルミ		1フェルミ=1 fm=10-15m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	1cal=4.1858J（「15℃」カロリー），4.1868J（「IT」カロリー）4.184J（「熱化学」カロリー）
ミクロン	μ	1 μ =1μm=10^{-6}m

（第8版，2006年改訂）

この印刷物は再生紙を使用しています