

3. 研究開発成果について

目標設定の原点 (省エネの考え方)

		対2008年実績	対2020年見込み
消費エネルギー総量		<p>データセンター65億KWh ネットワーク80億KWhの 30%減のレベルに抑制</p> <p>DCの拡大率、トラフィック増加率から考えて不可能</p>	<ul style="list-style-type: none"> 既存技術の延長では、データセンター490億KWh、ネットワークルーター800億KWhと予想されるので、その30%を抑制。 予測には、極力客観指標を用いる。 成果の社会への普及度に依存するが、主に技術として評価。 要素技術の評価には、総量ではなく密度での貢献値にも配慮
単位当たりエネルギー消費密度	J/mips, bps	システムではなくデバイスの効率表示になってしまう	
	J/ラック、サーバ	データセンターの充填率は、総重量(床加重)や総電気量で制約される傾向があり、小型化、省エネ化で密度が大きく変化する	
	J/データセンター		

26

省エネ目標量

Ⅲ-1

- Green-ITがなかった場合に2020年度に予測されるIT消費電力の30%を削減

	2020年予測	30%
データセンター	490億KWh	147億KWh
ネットワーク	800億KWh	240億KWh

合計387億KWh = 0.15億CO₂トン
(METIが2030年に予測するGreen-in-IT効果の3/4)

- 多様な技術の相補的・総合的效果として目標達成を狙う
- 要素技術の効果を論ずる場合は、類似の従来技術や製品との比較を行う
ただし下記の条件が必要
 - ✓ データセンターやネットワーク需要が予測通り進展し集約化される
 - ✓ 社会に普及する製品となって十分な効果を発揮する

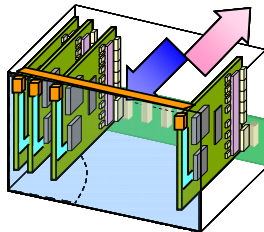
価格競争力 (省エネ優遇策)
映像のネットワーク配信と光パスネットワークの浸透
高信頼型のデータセンターの国内需要

27

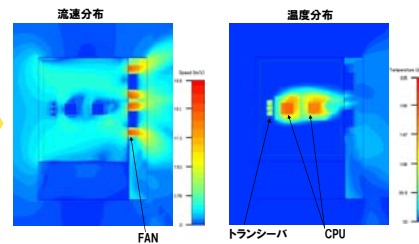
成果(1) サーバアーキテクチャ

Ⅲ-2-1

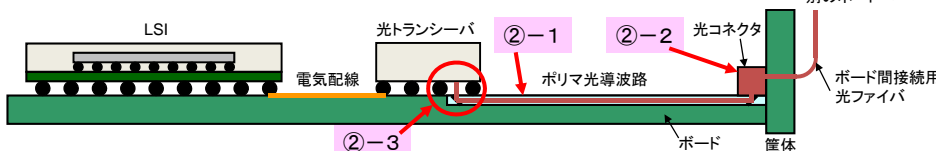
- ①筐体内高密度・大容量接続を適用した省電力筐体のアーキテクチャーの検討



光インターコネクションによる省スペース配線化、ファン電力の28%低減(シミュレーション)



- ②筐体内高密度・大容量接続技術の開発

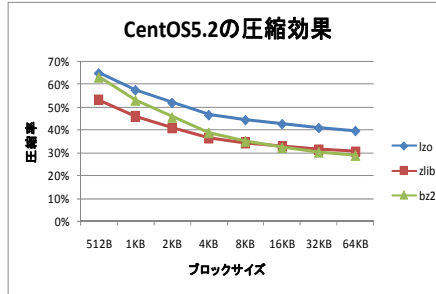
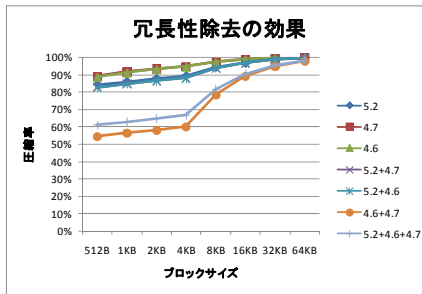
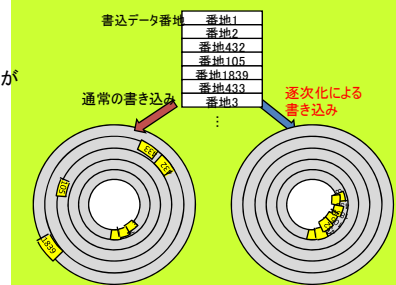


オンボードの光接続損失の低減
 ・中間目標 損失 <15dB
 ・最終目標 損失 <10dB

ハードディスクの利用効率を上げ、スピンドル数を減らす省エネ

- データ圧縮 (冗長度除去)
 - ✓ 従来のファイル内の圧縮だけでなく、同じ(似た)ファイルが複数ある状況で、より高度な圧縮を施す
→ ブロックごとの相同を検査して冗長度除去
- 逐次化
 - ✓ 頻度の高いランダムアクセスを高速化するためのブロックの再配置

25-75%の削減効果



開発技術	概要
統合情報空間管理	データの重複検出。データアクセスを少数のサーバーに圧縮し、遊休サーバーを停止
データアフィニティ	高速な半導体ディスクの利用を前提にローカルリティを最優先にタスク分散、ネットワーク通信を削減して高速化
データ中心分散システム	データの処理先と格納先を柔軟に変更可能な動画、テキストなどデータ・処理の特性と、ベクトル処理、GPUなどサーバーの特性をマッチングさせて最適化
ネットワーク統合制御	分散ストレージをローカルストレージと同様に見せるデバイスネットワークでストレージIOネックを解消
分散キャッシュ	遠方のサーバーストレージへのアクセスをキャッシュすることで通信を低減

グリーンネットワークシステム技術開発プロジェクト 中間評価分科会(2010.07.23)

事業原簿

公開

30

成果(4) サーバ抜熱

Ⅲ-2-4

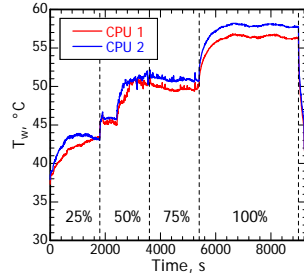
開発技術: プラグイン技術, 直接液冷技術, ナノ流体技術, 冷却ネットワーク技術



・CPU直接設置の高性能ヒートスプレッダ。
・水冷を許容しないユーザにも適用可能。
ファンを停止して電力削減



単相流熱交換器を実機サーバに搭載した10段サーバラック



ナノ流体ヒートパイプの実装は世界初
ヒートパイプ/液冷システムは世界初
FC-72を用いたヒートパイプの熱抵抗0.5K/Wは世界最高

- 優れた熱物性を有するワイヤ状ナノ粒子を優先的に合成する方法を開発
- 熱伝導流体にナノ粒子を混入することで熱伝導効率を向上

ナノ流体中の粒子寸法、形状の制御は世界初
ナノ流体ヒートパイプ、フッ化炭素ナノ流体は世界初



グリーンネットワークシステム技術開発プロジェクト 中間評価分科会(2010.07.23)

事業原簿

公開

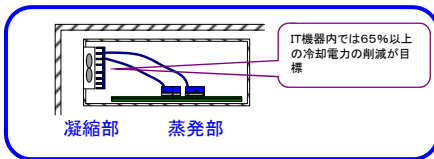
31

成果(5) サーバ抜熱

Ⅲ-2-5

相変化性能の向上

空冷方式と比較して冷却消費電力を80%削減
(水冷方式と比較して60%を削減)を検証

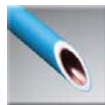


IT機器内では65%以上の冷却電力の削減が目標

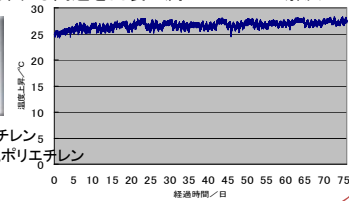
IT機器内で相変化冷却を完結(空冷DC)

柔軟接続構造を開発

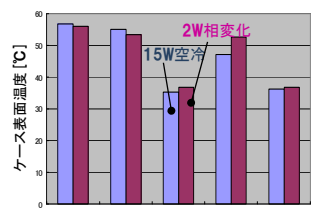
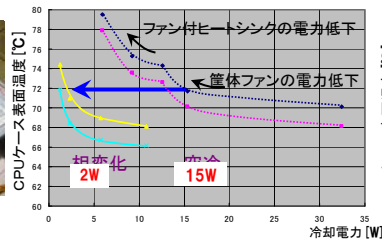
樹脂チューブと冷媒の化学反応により
沸点が上昇する問題を内装金属チューブにて解決



外層: ポリエチレン
中層: 低発砲ポリエチレン
内層: 銅

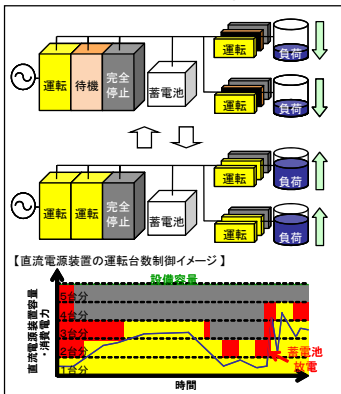


2CPUサーバに相変化冷却を組み込み動作温度を確認

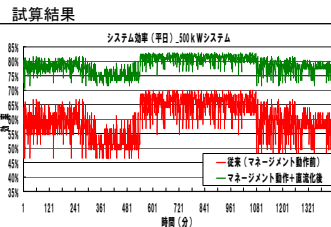


成果(6) 電源(アダプティブ電源)

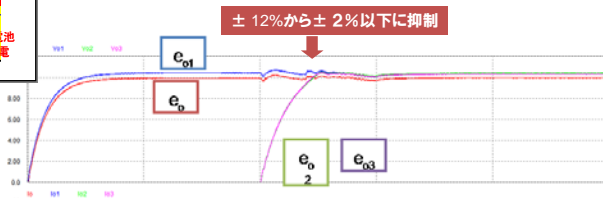
- 複数の電源系をすべて冗長運転させるのではなく、負荷に応じて必要な台数だけ運転し、効率の良い領域を使う
- 直流化によって交直変換ロスと送電ロスを低減



システム効率	79%
消費エネルギー削減効果 (アダプティブマネジメントの効果は16.8%)	25.9%



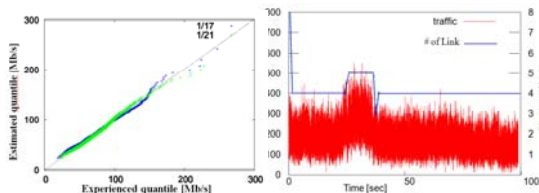
PSUの高速安定化: アダプティブマネジメントでは、負荷変動に高速に追従する必要がある。
PSUをデジタル制御にすることで電圧変動を抑制



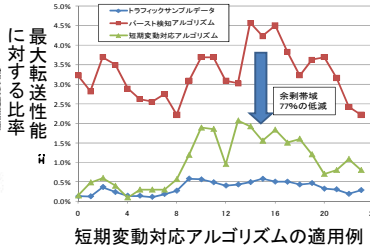
成果(7) ルータ技術

(1) トラフィック観測・予測・最適性能予測技術

・長期変動⇒ 36%、短期変動⇒ 77%の転送性能低減を達成(シミュレーション)



リンク本数(転送性能)を目標の60%以下(8本のリンクに対して4.8本以下)に制御できることを確認

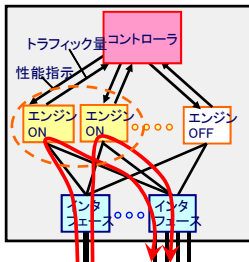


短期変動対応アルゴリズムの適用例

(2) マルチエンジンルータ

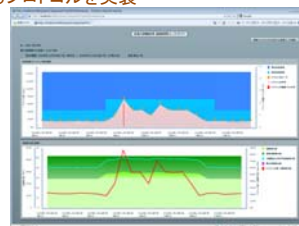
・ m (≥2)個のエンジンを備え、個々にOn/Off可能とすることで低トラフィック時の消費電力を抑制

性能可変ルータの概念図



(3) トラフィックの可視化

ルータがトラフィックを計測し、収集できるプロトコルを実装

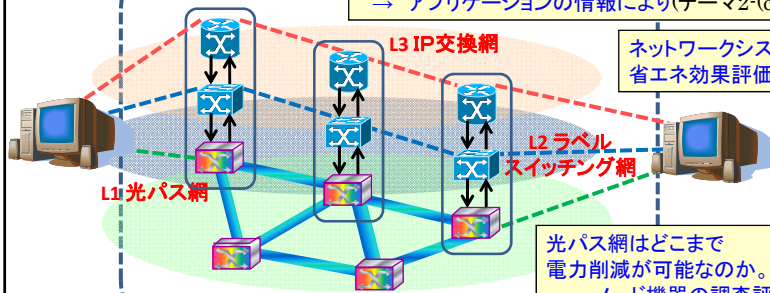


ネットワークトラフィックは10年で15~30倍:既存ネットワークモデルでは消費電力増大
→トラフィック粒度に応じて、従来型に加えて光バス網などの複数の方式を組み合わせる

トラフィック粒度はどうなるのか
→今後のトラフィックの粒度・容量を調査 (テーマ2-(a))

どうやって複数方式を使い分けるのか・方式設計
→ ネットワークが自律的に(テーマ2-(c)-ア)
→ アプリケーションの情報により(テーマ2-(c)-エ)

ネットワークシステム全体としての
省エネ効果評価(テーマ2-(c)-オ)



光バス網はどこまで
電力削減が可能なのか。
→ ノード機器の調査評価 (テーマ2-(c)-イ)
→ 伝送技術の調査評価 (テーマ2-(c)-ウ)

○:達成、達成見込み、◎:超過達成

開発目標(中間目標)	達成内容	達成	最終目標達成に向けた取組み
サーバアーキテクチャ ◆ 光配線の適用によるサーバ冷却のファン電力の30%削減、 ◆ ボード間光接続に必要な接続損失15dB以下への低減	◆ 光配線によってバックプレーンを小型化しファン電力低減の見通しを得た ◆ ボード上での光接続法の改良	○	プロトタイプ試作、10Gbps通信向け10dB損失
ストレージシステム ◆ 記録されるデータの冗長性除去によりスピンドル数の30%減	◆ 冗長性除去による効果の見積もり、ベンチマークと、冗長性除去に必要な逐次化記録法を開発	○	複数ノードシステムへの適用
グリーンクラウド ◆ 大理論モデル統合を行い、DC内IT機器電力50%削減を理論検証	◆ これまでに確立した一部技術による理論モデル評価により、40%の削減を検証	○	未評価パターンの評価、および追加確立技術による削減効果の積み上げ
抜熱 ◆ サーバの冷却電力65%削減、流体による高信頼の直接抜熱システム ◆ 熱抵抗0.5度/W以下のヒートスプレッド、ナノ粒子による高効率熱輸送	◆ 80%の削減を実証、5年間の信頼度の0.06度/Wの低接触伝熱抵抗構造 ◆ 目標値達成、サーバ実機での検証、ナノ粒子の形状制御法	◎	薄型構造、信頼性試験、ローコスト製造法、データセンター実証
電源 ◆ 直流電源システムでの冗長度の動的制御運転により、消費電力量30%削減	◆ 直流電源システムの方式決定 ◆ 直流電源システムでの冗長度の動的制御運転により、消費電力量30%削減の見通し	○	実機による検証
データセンタモデル ◆ データセンタ、サーバのエネルギー効率指標の標準化。全システムの評価実証 ◆ エネルギー利用の最適化を図るリファレンスモデルの開発	◆ エネルギー効率指標のプロトタイプを作成 ◆ データセンター運用の実態に合ったリファレンスモデル・ドラフトの作成	○	省エネ運用による性能定価への対応、全プロジェクト成果の合算

○:達成、達成見込み、◎:超過達成

	開発目標(中間目標)	達成内容	達成度	最終目標達成に向けた取り組み
情報の流れとトラフィック調査	◆量だけでなく粒度(パケットサイズ)を考慮したトラフィック調査と将来予測	◆調査完了、中間報告書	○	いったん終了。情勢変化への対応
省エネルギー制御技術	◆トラフィック変動の観測、可視化と予測	◆転送能力を60%に抑制できる予測精度を達成。 ◆1000台規模でのトラフィック監視技術、その消費電力取得プロトコルをIETF標準提案	◎	実用性検証(16速への拡張)
省エネルギー装置	◆1ms以下で処理性能を4段階に増減可能なルータエンジン	◆4速のルータエンジンを試作、その制御ソフトを開発	○	16速への拡張 上記予測法との連携技術と実証実験
ネットワークモデル	◆光バスネットワークの実用性検討 ◆トラフィックに応じてバス資源を最小に制御するマルチレベルバスネットワークのアーキテクチャ検討。 ◆総合評価	◆省エネ光バス網に必要な信号再生・ノード構成技術確定 ◆RSVP(帯域要求プロトコル)とOpenFlowを用いたバス選択方式設計 ◆マルチレベルバスに提案アルゴリズムを適用し、30%程度の省エネの見通しを得た	○	既存ネットワークとの共存を含めた光バス実用化のシナリオ

● **市場の創造・拡大**

- 今後のITは、ネットワークの強化によって、モバイル型、シンククライアント型になるのは確実で、その要所となるデータセンターとネットワークルータの市場拡大は自明である。
- エネルギーコストは、データセンター運用コストの10%から50%に達すると言われており、省エネ効果の高いデータセンター、ネットワークルータ技術は、**市場拡大に必要な技術**である。一般に**省エネ化技術は社会への訴求力**があり、データセンター、ネットワークにおいても市場競争力を増す。

● **技術のグローバル水準**

- **光インコネ** : 世界中で開発競争が進められており、日本の**最先端研究の支援が必要なテーマ**
- **抜熱** : ヒートポンプと並んで我が国が高い優位性を持ち、**競合技術との比較で優位性**
- **電源** : 直流化DCの実証実験が進んでいる。動的制御、PSUの研究は**世界的に見て高水準**
- **評価指標** : 国際標準化の議論の始まりの中で、**先行した指標作り**。
- **電子ルータ** : 電力制御機能付きルータエンジン、トラフィック予測の例は無く、**世界初の技術**
- **光バス** : デバイス、アーキテクチャとも日本は**高水準**。**適用範囲を広げ実用化する技術が必要**

● **新技術領域**

- 市場の拡大だけでなく、地球温暖化にとって重要な、**日本の得意な領域の新技術**である

・ **成果の汎用性**

- 光インコネ : ボード内の光通信は、今後重要な技術に発展する可能性がある
- 抜熱 : コストが解決すれば、オフィスや家庭内の熱源の抜熱にも適用可能
- 電源 : 直流化の効果が出れば、ソーラーや燃料電池など直流分散電源が増える環境で波及効果が大きい
- 評価指標 : IT機器の省エネ性を一般的に論じられる可能性がある
- 電子ルータ : 家庭用のBBルータなどにも適用可能

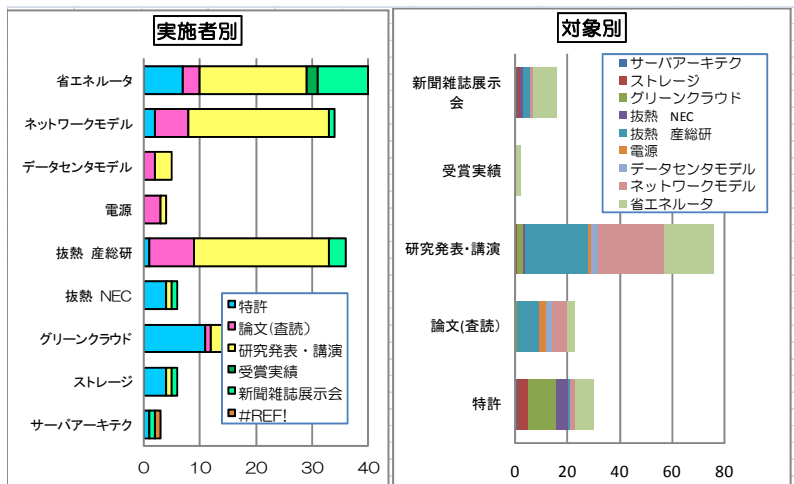
・ **対予算効果** (期待される効果の項で、別途説明)

・ **競合技術への優位性**

- サーバーあるいはサーバーラック単位での省エネ対策が多い中で、データセンタ規模で最適化できれば効果が大きい。
- 冷却を省略したコンテナ型の安価・簡便なデータセンターが広がりつつあるが、日本では法的に実現が困難である。信頼性の点からも本プロジェクトの技術への期待が大きい。
- 光パスと電子ルータは、競合ではなく協調する関係にある。

特許 30 件、査読付論文 23 件、外部発表雑誌投稿 76 件、受賞 2 件、他発表 16 件

成果の取り扱い : 知的財産権については原則として**すべて委託先に帰属**。
委託先においては、我が国の省エネルギー技術を基盤とする産業競争力の強化に資する知財マネジメントを実施する。



製品市場

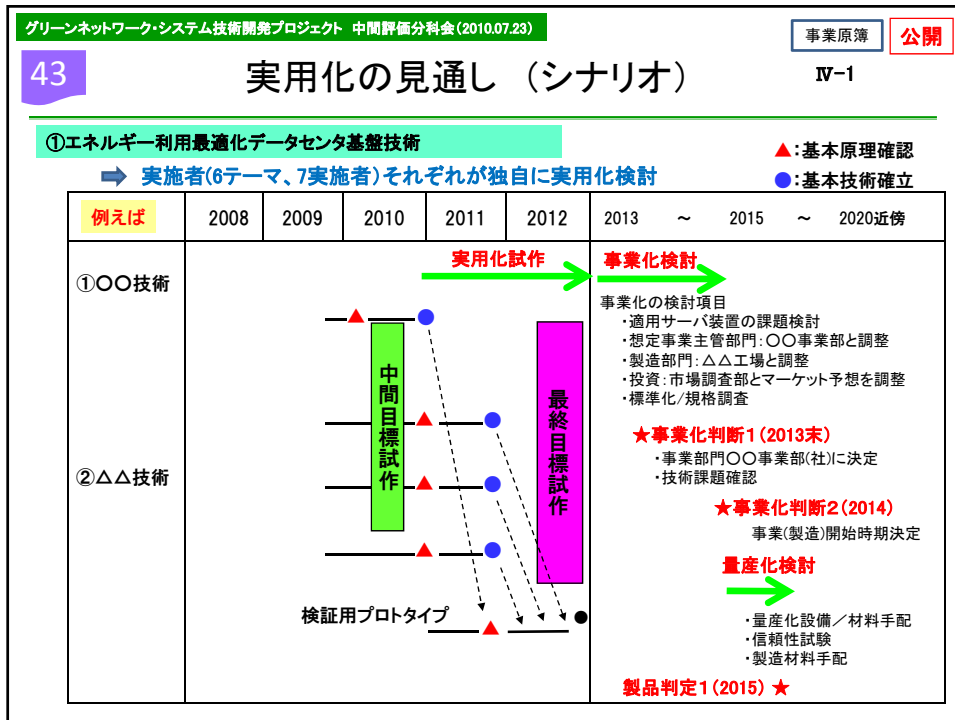
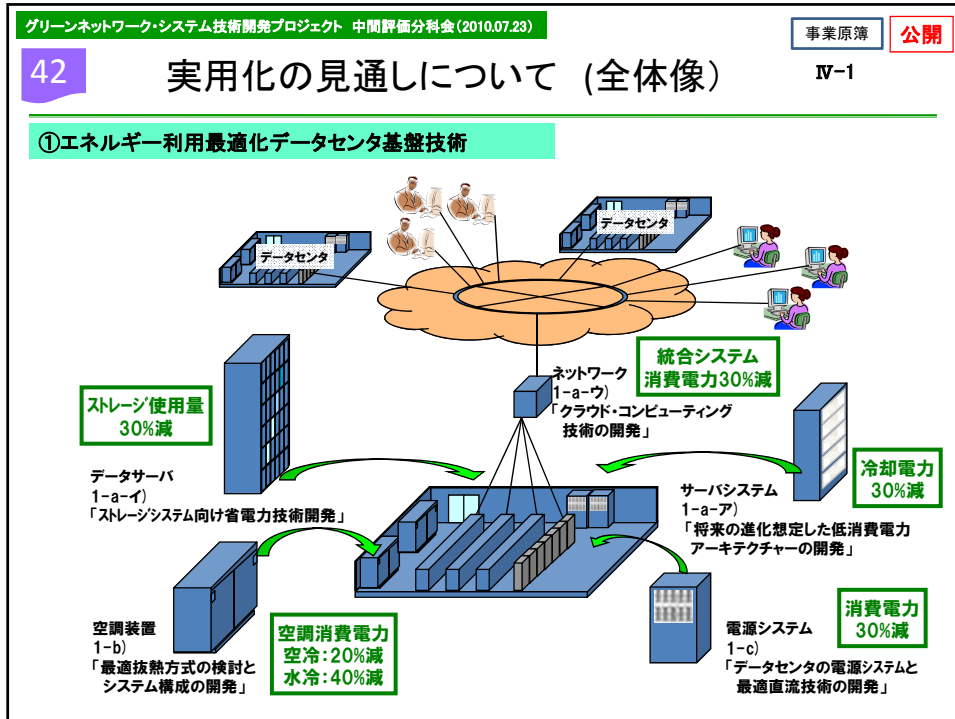
開発項目	製品又は電力コスト	金額(億円)
電源	UPS電源 (>10KVA)	243
ストレージ	RAIDシステム	95
サーバ筐体	サーバ筐体	190
サーバ抜熱	冷却モジュール	30
クラウド	削減電力コスト (サーバストレージ部分)	414
ネットワーク	削減電力コスト (光バス網部分)	2800
ルータ	ルータスイッチ	3194

省エネ効果量

開発項目	電力削減(億kwh)	対象機器
電源	74	データセンタ消費電力
ストレージ	4	ストレージRAID台数
サーバ筐体	1	サーバ(ボリューム品)
サーバ抜熱	52	データセンタ消費電力
サーバ抜熱	23	データセンタ消費電力
サーバストレージ(クラウド)	90	データセンタ消費電力
ネットワーク	280	電気ルータ
ルータ	122	ルータ(ハイエンド品) ルータ(ボリューム品)

【省エネ効果量】 646億kwh@2020 ←目標387億kwhに対して
【製品市場規模】 > 3500億円@2020 (電力コスト削減除く)

4. 実用化見通しについて



グリーンネットワークシステム技術開発プロジェクト 中間評価分科会(2010.07.23) 事業原簿 公開

44 実用化の見通し (波及効果) IV-1

① エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術

クラウドデータセンタを中心とする社会基盤の実現

あらゆる社会活動がクラウドセンタからのサービスとして供給される世界の実現
→ 多様なサービスのクラウド集約による「省エネルギー社会」を実現

データセンタへのリソース集約による全体最適化と経済価値への転換

具体的形態

- 省電力型ストレージサービス**
・ストレージ容量貸し出しサービスを省電力に実現
- 省電力なクラウド向けIT製品群**
・統合システムにより従来比30%以上の省電力特性実現
- 単相交流液冷実装サーバ製品**
・サーバラーム空調電力を従来空冷方式より大幅改善
- IT機器向け相変化冷却モジュール**
・従来空冷式に比し大幅に冷却電力を削減
- 直流給電方式データセンタ電源システム**
・従来交流給電システムに比し消費電力量を30%以上削減

グリーンネットワークシステム技術開発プロジェクト 中間評価分科会(2010.07.23) 事業原簿 公開

45 実用化の見通しについて (全体像) IV-1

② 革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発

電気ルータ	適用対象	従来のインターネット等のトラフィック全般(IP交換網)
	省エネ目標	待機時、低負荷時の電力削減により30%低電力
	マイルストーン	ルータ・プロトの試作・評価、実用化に向けた要素技術確立

光パス網/電気ルータ組合せ	適用対象	高精細映像通信等の将来の大容量トラフィック(光パス網等へ振り分け)
	省エネ目標	省エネ光パス網(帯域比電力が電気ルータの1/10以上)等の組合せで低電力化
	マイルストーン	新ネットワークモデル(プロト合)の構築・検証、設計完

