

平成 21 年 8 月 17 日

インターエナジーと大日精化、光制御光スイッチで NEDO 助成事業開始

大日精化工業株式会社

〒103-8383 東京都中央区日本橋馬喰町 1-7-6

株式会社インターエナジー

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 3-20-12 新横浜望星ビル

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）では、2008 年 3 月、経済産業省が、世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比べて 2050 年までに半減するという長期目標を実現するために「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」を策定したことを受け、「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」を見直し、実用化までにより多くの時間を要するものの大幅な省エネルギー効果が見込まれる技術の開発についても対象にする制度として「省エネルギー革新技术開発事業」を新たに立ち上げ、(1)挑戦研究フェーズ（委託事業）、(2)先導研究フェーズ（委託事業）、(3)実用化開発フェーズ（助成事業）、(4)実証研究フェーズ（助成事業）の 4 つのフェーズ及び事前研究（委託事業）において、研究開発テーマを公募・採択・実施している。

この実用化開発フェーズ・助成事業に、株式会社インターエナジー〔社長 益田 康雄（マスタヤスオ）〕と大日精化工業株式会社〔社長 高橋 靖（タカハシ オサム）〕が共同で申請した「待機電力ゼロの光制御光スイッチング方式小規模光ネットワークの研究開発」が採択された（事業期間：3 年間、総助成対象金額：3 億 1 千万円、助成率 2/3）。

この助成事業の概要は「新規開発の『光制御光スイッチ』を核とする光技術、エレクトロニクス技術および制御ソフトウェアを統合して、一般家庭内に設置可能な小規模光ネットワーク（光 LAN）システムを開発し、光 LAN に接続するパソコンや光 IP 電話などの機器について『使用する時だけ電力を消費する光通信システム』を実現し、ブロードバンド通信網として日本で既に約 1500 万世帯に普及しているファイバー・ツー・ザ・ホーム（FTTH）の光回線終端装置（ONU）、ルーター、ハブ（HUB）などの常時通電・電気設備が消費している『待機電力』を事実上ゼロにする」ことである。

この実用化開発フェーズの実証試験結果に基づき、光 LAN システムを量産、普及させることで、現在すでに、原油に換算して国内で年間 30～40 万キロリットルと試算される FTTH の待機電力を削減していく。

本開発事業の本格的普及のシナリオとして、FTTH の通信速度を現行の 10 倍の毎秒 10 ギガビットとする構想（例えば、現行ハイビジョン・デジタル動画の 4 倍以上の解像度のスーパーハイビジョン動画を光ファイバーで一般家庭へ配信する構想）との連携を企画している。現行の「常時通電システム」のまま、通信速度を 10 倍にすると、システムの待機電力が幾何級数的に増大すると懸念されるが、本開発事業の「光 LAN システム」と組み合わせることで「待機電力ゼロと超高速化を同時に実現可能」とし、利用者の光 LAN・省エネシステムへの更新を促進する。

本開発事業の光 LAN システムの実証試験を平成 22 年度中に開始し、実証試験結果を裏付けに FTTH 関連企業の参画を促し、平成 24 年以降できるだけ早い時期に事業化し量産を開始、10 年後には原油換算年間 10～40 万キロリットルの省エネを実現する計画である。

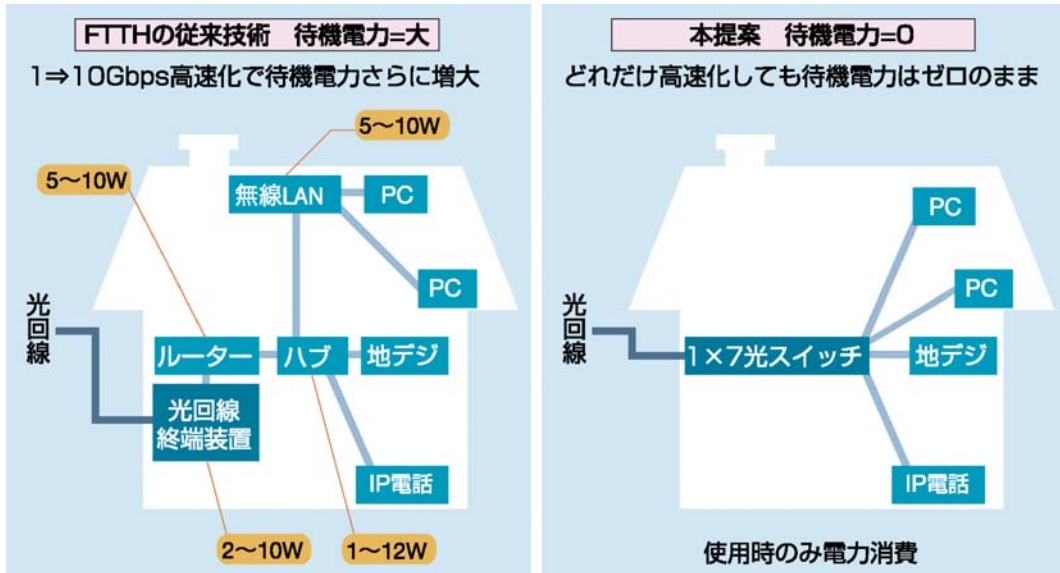


図1.「待機電力ゼロの光制御光スイッチング方式小規模光ネットワークの研究開発」構想図

<基本原理と本開発事業の内容>

【基本原理】

◆マイクロ熱レンズ効果

照射された光線が色素溶液に吸収されると、光エネルギーが熱に変わり光吸収の起きた部分の温度が上昇し、密度及び屈折率が小さくなる。その結果、光吸収の起きた部分とその周辺部分に屈折率の大小の段階的分布が形成され、レンズやプリズムのように作用する。これを熱レンズ効果と呼んでいる。円錐型熱レンズによって、断面が円形の光線はドーナツ状断面に変形される。円錐型熱レンズの一部分はプリズムとして作用し、光線の進行方向を曲げることができる。色素溶液の液膜に収束させたレーザーを照射すると数十マイクロメートルサイズの「マイクロ熱レンズ効果」を利用することができる。有機化合物からなる色素溶液は固体に比べ熱膨張しやすく屈折率の温度変化が大きいいため、出力数ミリワットないし数十ミリワットのレーザーで顕著なマイクロ熱レンズ効果を利用できる。

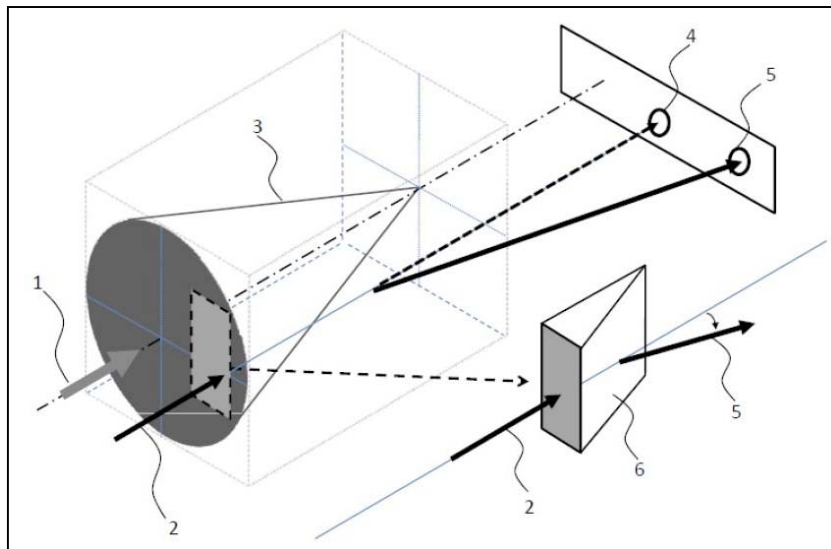


図2. マイクロ熱レンズの原理図

(1 制御光、2 信号光、3 円錐型熱レンズ、4 制御光を消灯したときの直進信号光、5 制御光の照射で光路が曲げられた信号光、6 熱レンズ効果によるプリズム)

◆色素溶液の耐久性

色素が吸収する波長の出力数ミリワットないし数十ミリワットのレーザーを収束させて色素溶液に照射するとマイクロ熱レンズ効果の起こる領域の温度は 100℃以上 300℃近くまで上昇する。沸点が 300℃に近い溶剤及び耐熱性・耐光性の高い有機色素からなる色素溶液を用いることで、1年半以上の連続的レーザー収束照射に耐えることを実証済みである。これは、実使用条件における断続的なレーザー照射に換算すると 5～10 年に相当する。本開発事業期間中、種々の耐久性試験を更に実施する。

◆熱レンズ方式光制御光スイッチ

色素溶液を石英ガラス製光学セルへ密封した熱レンズ形成素子へ色素が吸収する波長の「制御光」と色素に吸収されない波長の「信号光」を同時に照射し、マイクロ熱レンズ効果によって色素溶液内に形成される屈折率分布を利用することで、信号光の進行方向を、制御光が照射されない通常の場合とは数度異なる方向へ切り替えることができる。これが熱レンズ方式光制御光スイッチである。電気信号に応じて、離れた場所に設けた制御光の光源を点滅させることで、光制御光スイッチの部分では電気回路無しで信号光の進行方向を切り替えること（スイッチング）が可能になる。本開発事業の光 LAN システムでは、家庭内光 LAN に接続する個々の機器（パソコン、ゲーム機、光 IP 電話など）の各々に接続する「光 LAN アダプタ」に光通信機能および制御光光源を設け、個々の機器が光通信を行う際、制御光を照射し外部に接続された光ファイバーとの光通信回線を熱レンズ方式光制御光スイッチを動作させて切り替えることで「待機電力ゼロ」を実現する。

◆端面近接 7 芯光ファイバー

シングルモード光ファイバーは光の通る「コア」（直径 10 μm 前後）を、屈折率の差で光をコア内に閉じ込めるための「クラッド」（外径 80～125 μm）で覆った構造である。光ファイバの一端は通常のまま、他端について、このクラッド部分の外径を 40 μm 未満までエッチングし、7 本を束ねて結束し、光ファイバー端面を平坦に研磨する。これを端面近接 7 芯光ファイバーと呼び、1×7 型光制御光スイッチに用いる。

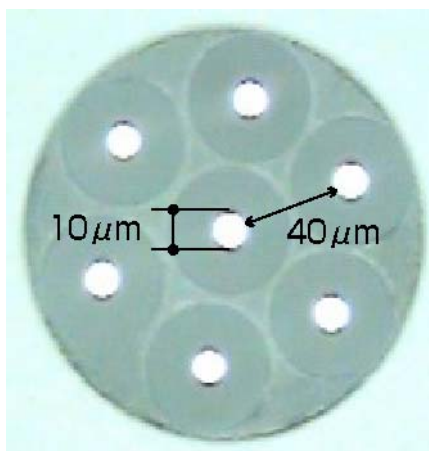


写真 1. 端面近接 7 芯光ファイバーの端面

◆1×7 型光制御光スイッチ

色素溶液中、制御光の吸収によって形成される円錐型熱レンズの一部分をプリズムとして利用し、信号光の進行方向を曲げるには、熱レンズ形成領域において、制御光ビームの中心軸と信号光ビームの中心軸の軸間距離を $40\mu\text{m}$ 以内、 $30\sim 20\mu\text{m}$ 程度まで接近させる必要がある。このような光学配置を、複数並列で、複雑な調整機構なしに実現する手段として「端面近接 7 芯光ファイバーを用いる 1×7 型光制御光スイッチ」が試作された。7 本のシングルモード光ファイバーを各々のコアの中心軸間距離 $40\mu\text{m}$ 未満で結束させた「端面近接 7 芯光ファイバー」の中心コアからは「信号光」を出射させ、中心コアを囲む 6 本の光ファイバーのコアのいずれか 1 つからは「制御光」を出射させ、コリメートレンズおよび集光レンズを経由し、収束光として熱レンズ形成素子の色素溶液に入射させる。中心コアを囲む 6 本の光ファイバーのいずれからも制御光が照射されない場合、信号光は直進し、一方、中心コアを囲む 6 本の光ファイバーのいずれかから制御光が照射された場合、信号光の進行方向は、6 つの異なる方向に切り替えられる。信号光が直進する場合を含め、信号光の光路を 7 方向に切り替えることができる。これを 1×7 型光制御光スイッチと呼ぶ。少ない部品点数で、コンパクトに、7 方向の光路切り替えを可能にする。

◆光 IP 電話

音声信号（及び画像）をデジタル信号に変換し、インターネット通信網を通じて通話先と双方向で信号のやり取りを行う。FTTH の光ファイバーを用いることで従来の電話線を用いる場合よりも高音質の電話やテレビ電話も可能となる。本開発事業のシステムにおいて、「光 IP 電話の着信」に「待機電力ゼロ」で対応するため、以下のシステムを考案した。

(1) 制御光が無い場合に必ず接続する、1×7 型光制御光スイッチの「中心チャンネル」に光 IP 電話システムを接続する。

(2) 制御光が無い状態、すなわち、どの機器も光 LAN を使用していないときに外部からの信号光が光 IP 電話システムに着信した場合、その光信号をトリガーとして光 IP 電話システムを迅速に起動させる（これを「光ウェイクアップ LAN」と呼ぶ）。最新の組み込みシステムを用いることで、1 秒未満での起動が可能である。

(3) 最初の光信号の内容は受信されないので、次に再送信される外部からの信号を確実に受信し、これに応答する。

(4) 光 IP 電話システム以外の機器が光 LAN を使用中に、外部から光 IP 電話の信号が届いた場合は、光 LAN の転送機能を用いて光 IP 電話システムを起動させ、データを転送する。

◆光 LAN の転送機能

本開発事業の光 LAN システムでは、外部への光通信回線を最大 7 つの機器で、時間分割多重で共有している。このシステムで、「IP 電話の着信」に対応し、また、特定の機器が外部への光通信回線を占有しないようにするため、制御光光源を用いた機器間の相互通信手段を設け、自分以外の機器に外部から届いた光信号の内容を転送できるよう「光 LAN の転送機能」を設計している。

【本開発事業の内容（まとめ）】

(1) 待機電力ゼロの光制御光スイッチング方式光 LAN の基盤技術である熱レンズ素子および光制御光スイッチの長期耐久性実証と量産技術確立、

(2) 熱レンズ素子と端面近接 7 芯光ファイバーを組み合わせた 1×7 型光制御光スイッチの量

産技術確立、

(3) 電子部品ゼロの光制御光スイッチを駆動するための制御光を利用した時間多重光 LAN システムおよび制御ソフトウェアの開発、

(4) 以上の要素技術を統合した熱レンズ方式光制御光スイッチング方式光 LAN システムの実証試験を平成 22 年度中に開始し、実証試験結果を裏付けに FTTH 関連企業の参画を促し、平成 24 年以降できるだけ早い時期に事業化し量産を開始、省エネを実現する。

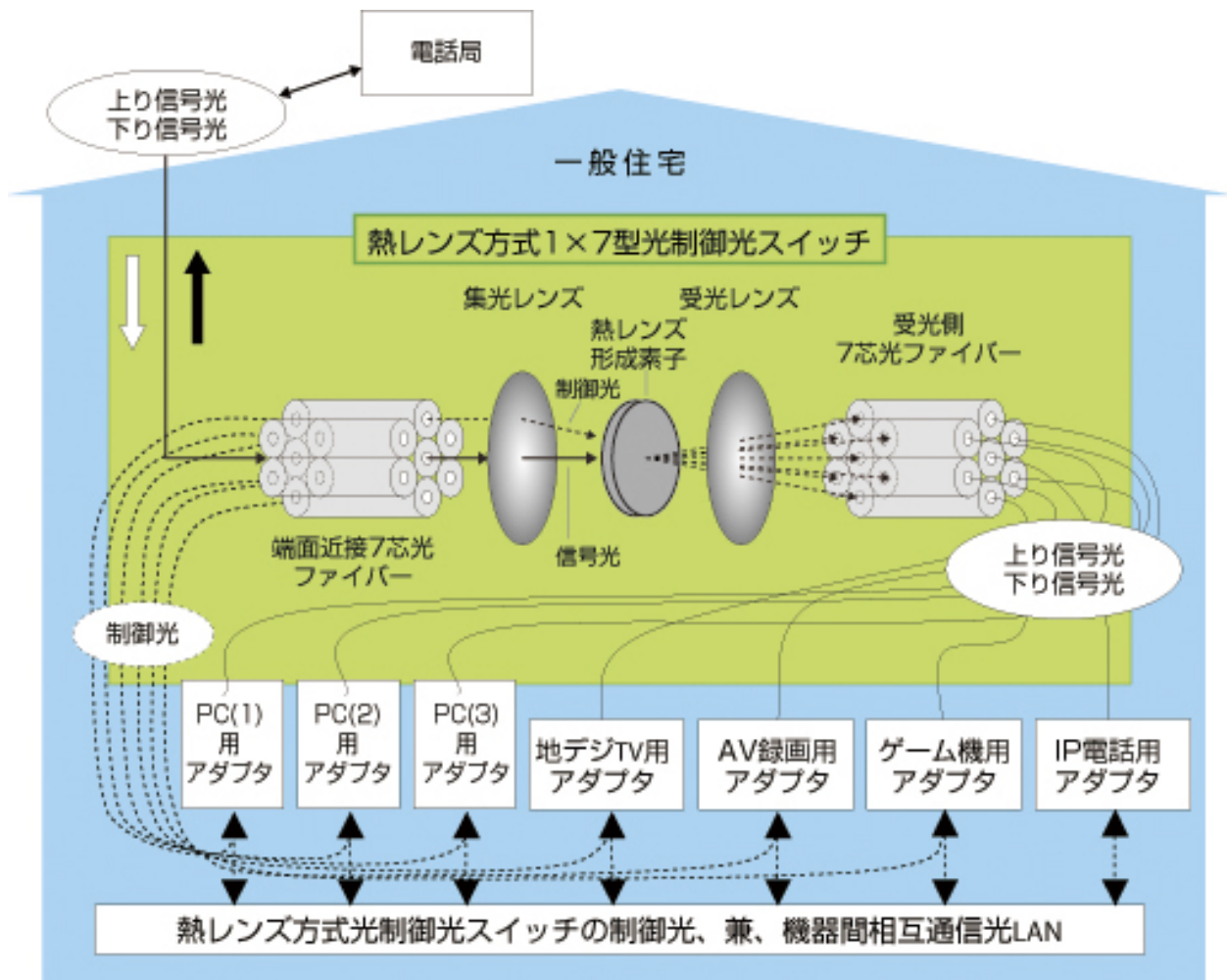


図 3. 1×7 型熱レンズ方式光制御光スイッチを用いる光 LAN の概念図

<待機電力と省エネ効果の試算>

(1) FTTH 契約数 (2008 年 12 月)

14,417,207 契約 [「ブロードバンドサービスの契約数等 (平成 20 年 12 月末)」、総務省、2009 年 3 月 18 日]

(2) FTTH 接続の常時通電機器の消費電力

表 1. に示すようにユーザーの使用形態によって、約 8~40W と幅広い。
現状「平均 12W」と仮定することとした。

表 1. 光回線終端装置 (ONU) , ルーター, ハブの消費電力 (実測例)

ユーザー例	機器	消費電力 [W]	消費電力合計 [W]
No.1 (接続先: 12)	光回線終端装置 (ONU)	9.8	39.2
	1Gbps ルーター(4ポート)	6.9	
	1Gbps8ポートハブ(1)	12.0	
	1Gbps8ポートハブ(2)	6.5	
	1Gbps5ポートハブ(3)	4.0	
No.2 (接続先: 8)	光回線終端装置 (ONU)	9.8	25.7
	1Gbps ルーター(4ポート)	6.9	
	1Gbps8ポートハブ(2)	9.0	
No.3 (接続先: 2)	光回線終端装置+4ポートルーター	7.6	12.2
	無線 LAN ルーター	4.6	
No.4 (接続先: 2)	光回線終端装置+4ポートルーター	7.6	7.6
	---	---	

(3) FTTH の稼働・待機時間

ユーザーの使用形態によって、1日当たり1時間未満～24時間と幅広い。
種々勘案して「1日に平均4時間稼働、20時間待機」と仮定。

(4) 待機電力の試算 (2008年12月)

$$12\text{W} \times 20\text{h}/\text{日} \times 365\text{日}/\text{年} \times 14,417,207 = 1.263 \times 10^9 \text{kWh}/\text{年}$$

(5) 待機電力の原油換算 (2008年12月)

原油消費・換算係数:

$$\text{電力 } 1000 \text{kWh}/\text{年} = 0.257\text{kL}/\text{年}$$

2008年12月の待機電力を原油に換算すると以下の通り:

$$1.263 \times 10^9 \text{kWh}/\text{年} \times (0.257\text{kL}/\text{年}) / (1000 \text{kWh}/\text{年}) = 32.5 \text{万 kL}/\text{年}$$

現在、日本で年間、30万トンのタンカー1隻相当の原油が FTTH の待機電力として消費されていると試算された。

上記内容についてのお問い合わせは以下まで

株式会社インターエナジー

担当: 渡邊 浩文 (ワタナベ ヒロブミ) 電話: 045- 470- 3386

大日精化工業株式会社技術研究センター

担当: 田中 教雄 (タナカ ノリオ) 電話: 03- 3899- 9163