

バグダッド市における光ファイバ通信網の整備

DEVELOPMENT OF ADVANCED OPTIC FIBER COMMUNICATION NETWORK IN BAGHDAD

西村 浩一*・國定 拓央*

Koichi NISHIMURA and Takumi KUNISADA

This paper reports on the optic fiber communication networks development project in Baghdad, Iraq. The project is being implemented under the scheme of Japanese ODA loan. Project components include modernized IMS (IP Multimedia Subsystem), billing & charging systems, IP communication systems, optic fiber cables installation with a total length of 1,270 km, etc. to cover 150,000 subscriber lines. The paper focuses on communication technologies deployed in the project and implementation methods under the special environment in Baghdad.

Keywords : *FTTH (Fiber To The Home), GPON (Gigabit Passive Optical Network), NGN (Next Generation Network), IMS (IP Multimedia Subsystem), billing & charging systems, fiber monitoring system, mini-trench installation technique*

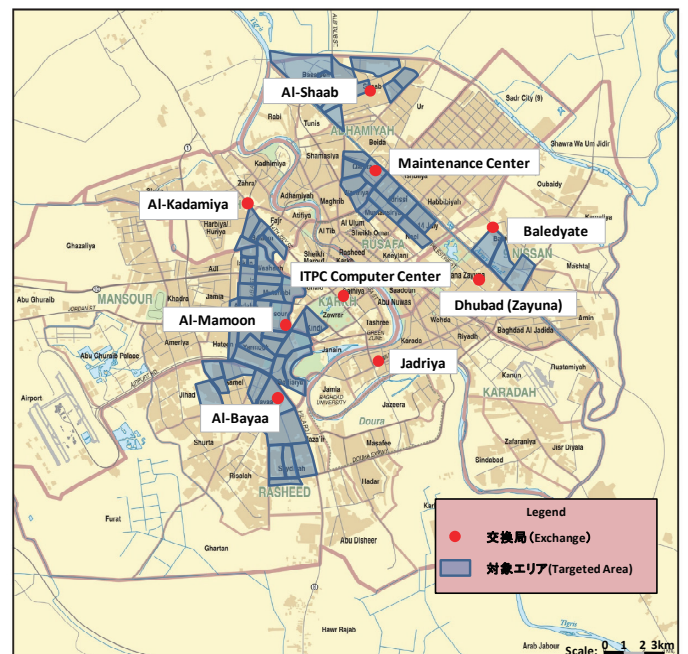
1. 事業概要

イラク国（以下、イ国）における固定電話普及率は、1991年の湾岸戦争、その後の経済制裁などに起因して2002年には3.3%という極めて低い数値まで落ち込んだ。通信インフラは、近年国民生活にとって必要不可欠な社会インフラとなっていることから、イ国政府は開発戦略の中で固定通信網の復興・整備を優先課題の一つとして位置付けている。

イ国の固定通信網は、①基幹通信回線網、②伝送交換システム、③アクセス回線網という3つのコンポーネントから構成されている。このうち、主要都市間を接続する基幹通信回線網は、2003年のイラク戦争後に我が国が実施した緊急復興無償案件「南北基幹通信網整備事業」および世界銀行が実施した「東西基幹通信網整備事業」により改善が図られている。また、伝送交換システムについても2004年から実施された「市外電話交換網整備事業」およびUSAID事業によって、一定レベルの復旧がなされている。一方で、交換局と各加入者を結ぶアクセス回線網の整備は進んでおらず、これに起因して固定電話普及率は改善が見られないままになっていた。このような背景のもと、日本貿易振興機構（JETRO）がイ国通信網の整備に係る実施可能性調査を2007年に実施し、続いて2011年に国際協力機構（JICA）が当該準備調査を実施した。本事業は、これらの調査に基づきイ国政府と我が国政府が締結した円借款協定のスキームで実施されたもので、その事業概要は表－1のとおりである。

表－1 事業概要

1. 事業名称	Communications Network Development Project for Major Cities
2. 事業目的	15万回線の光ファイバ通信網整備
3. 借款供与額	11,674百万円
4. 実施機関	イ国通信省(MOC)/郵政公社(ITPC)
5. 事業期間	2013年12月～2018年5月
6. 対象サイト	バグダッド市内6エリア(図－1参照)



図－1 事業対象サイト

* 電力事業本部 プラント事業部 情報通信技術部

本事業は、2013 年 12 月末よりコンサルタント業務が開始され、設計、入札プロセスを経て 2015 年 9 月に着工、2017 年 5 月末に無事完成を迎えたところである（表－2 参照）。現在は一年間の瑕疵担保期間中である。

表－2 事業実施スケジュール

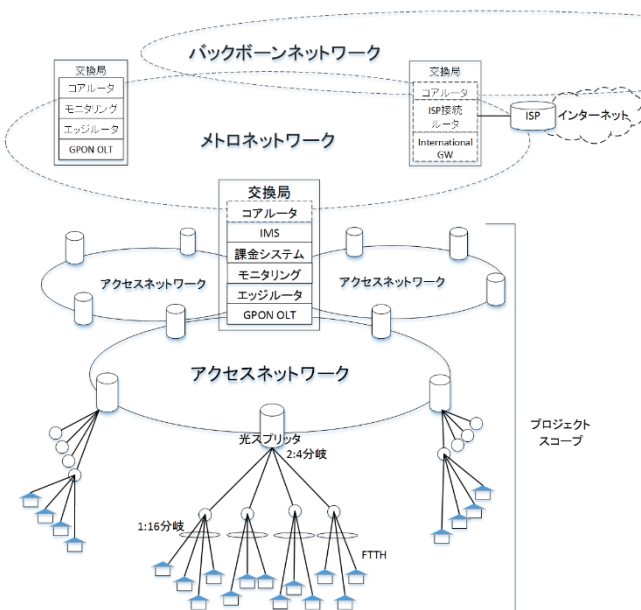
	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
1. コンサルタント設計						
2. 入札(P/Q含む)						
3. 工事契約			着工: 2015年9月1日 ▲			
(1) Lot1契約: 光ファイバアクセス回線網整備				21ヶ月		
(2) Lot3契約: 交換設備・課金システム更新						
4. 工事完成					完成: 2017年5月31日 ▲	
5. 瑕疵担保期間(予定)						

2. 事業コンポーネント

本事業で導入した通信設備は、大別して以下の二つのサブシステムに分類される。

- 光ファイバアクセス回線網（15 万回線）
- IP Multimedia Subsystem（IMS）ならびに課金システム

光ファイバアクセス回線網は、交換局と各対象家屋・世帯を接続するための光ファイバ回線で、交換局側通信装置、光ファイバ線路（光ファイバケーブル：総延長 1,270km、スプリッタ等）、加入者側通信装置などのコンポーネントで構成される。一方、IMS および課金システムは、音声・データ・映像等の各種マルチメディア情報を、アクセス回線網を介してユーザーに提供するための最新の通信交換・制御装置、ならびに加入者の料金徴収に係るシステムである。図－2 に通信システム概念図を示す。



図－2 通信システム概念図

本事業で整備した主たる導入設備および工事概要を表－3 に示す。

表－3 導入設備・工事概要

工事契約ロット	導入設備・工事	単位	数量	備考
Lot1契約: 光ファイバアクセス回線網整備	交換局側装置	BNGルータ	台	126交換局、冗長化構成
		GPON通信装置(OLT)	式	615万世帯をカバー
		電源設備	式	6直流電源装置
		光線路監視システム	式	1各6エリアをカバー
	加入者側装置	GPON通信装置(ONT)	台	15,000
		ファイバケーブル	km	333.25
	光ファイバケーブル	分岐回線(24F-8F)	km	939.13
		1stスプリッタ	個	594
	光スプリッタ	2ndスプリッタ	個	8,138
		マンホール	基	1,299
Lot3契約: 交換設備・課金システム更新	通信線路工事	ハンドホール	基	3,674
		ファイバ回線線路(埋設)	km	183.80
		分岐回線線路(埋設)	km	401.45
		水平ポーリング工法	km	4.67
	IMS交換設備	IMS交換装置	式	2立地的冗長化構成
		ISP接続認証装置(DNS,AAA他)	式	2立地的冗長化構成
		ネットワークマネジメントシステム更新	式	1
		プロビジョニング・ゲートウェイ装置	式	1
	課金システム	電源設備	式	2直流電源装置、予備発電機
		オンライン課金システム更新	式	2立地的冗長化構成
	課金システム	電源設備	式	2直流電源装置、予備発電機

3. 光ファイバアクセス回線網の設計・整備

光ファイバアクセス回線網は、不安定な治安状況、電源供給事情などのバグダッド市の特殊性、回線網の信頼性・維持管理性の向上、ユーザの利便性の向上を考慮し、特に次のような点に着目して設計・整備を行った。

- オール光ファイバ構成
- 回線冗長化対策（ループ構成の採用）
- 光線路監視システムの導入
- リボン型光ファイバケーブルの採用
- QoS・帯域制御
- インハウス Wi-Fi 接続機能の具備

(1) オール光ファイバ構成

本事業では交換局～対象家屋までの物理回線媒体に全て光ファイバを適用した。いわゆる、Fiber To The Home (FTTH) と呼ばれるオール光ファイバ構成である。FTTH と対比してメタリックケーブルを使用して高速通信回線網を構築する技術が ADSL^{注1)} に代表される xDSL 伝送方式である。本事業では元々 xDSL による回線を主体として整備を行う予定であったが、次の理由により全て FTTH 回線として構築することに変更した。

- 通信回線の高速・大容量化が可能（理論上、ダウンリンク (DL) 2.49Gbps/ アップリンク (UL) 1.24Gbps）
- xDSL 回線では MSAN^{注2)} と呼ばれるゲートウェイ装置を屋外に設置する必要があり、当該装置に給電を行

注1) ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line : 非対称デジタル加入者線

注2) MSAN : Multi-Service Access Node : マルチサービスアクセスノード（各種メタル回線を収容する装置）

う必要が生じる。バグダッド市内は深刻な電力不足であり、夏季は 12 時間以上の計画停電が頻繁に行われていることから、xDSL では安定的な通信回線の提供という面で課題があった。一方 FTTH 回線では、MSAN の代わりに光受動素子である光スプリッタを用いるパッシブ型ネットワークであり、回線の中に給電を必要とするコンポーネントがないため強固な回線を構築できる。

- 光ファイバ回線は雷サージ・電磁誘導の影響を受けにくい。

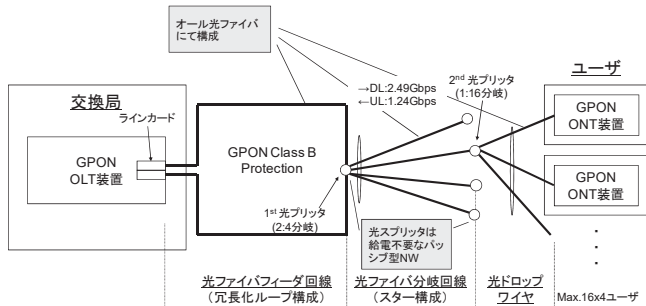


図-3 光ファイバアクセス回線網構成

(2) 回線冗長化対策

光ファイバアクセス回線の通信装置には、国際電気通信連合 (ITU) で標準化されている GPON^{注3)} (ITU-T G.984 勧告) を適用し、交換局から 1st 光スプリッタ間のフィードバック回線には信頼性を向上させるためにクラス B と呼ばれる冗長化・ループ構成を採用するものとした (図-3 参照)。

GPON クラス B プロテクションでは、光ファイバ通信網の一箇所が断線・損傷した場合にもリングルート切替機能により通信サービスを継続して提供できる。周知のようにバグダッド市内は未だに治安状況が安定せず、整備した光ファイバ通信網が爆発等により損傷をきたす可能性は大いにある。また、このような状況下では回線損傷時の復旧作業にも時間を要するものと考えられる。このため、GPON クラス B プロテクション機能を採用することで安定的な通信サービスをユーザーに提供できるよう考慮した。

(3) 光線路監視システムの導入

光ファイバアクセス回線網を運用・保守していく上で、光ファイバ障害時に、その損傷箇所を特定することは極めて重要である。本アクセス回線網には、上記の GPON クラス B プロテクション機能に加えて光線路監視システムを導入することで、回線網自体の信頼性と維持管理面の向上を図っている。

光線路監視システムは、光ファイバの損失や反射などの光学的特性を測定する OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)、

監視装置、GIS マップデータ等で構成される。光ファイバ障害時には、OTDR で損失・反射点を特定し、GIS マップ上に損傷地点をリアルタイムで自動表示する。本事業では、全フィードバック回線と、分岐回線のうち最も線路延長が長い回線を光線路監視システムでカバーするものとした。

(4) リボン (テープスペーサ) 型光ファイバケーブル

光ファイバケーブルには、リボン型シングルモード光ファイバケーブルを採用した (ITU-T G.652.D 勧告および G.657.A1 勧告準拠)。光ファイバケーブルは一般にシングルモード (SM) ファイバとマルチモードファイバに分類できるが、伝送損失特性に優れ長距離伝送が可能な SM ファイバを採用した。また、光ファイバ芯線の収容構造は、4 芯を硬化樹脂で束ねて収容するリボン (テープスペーサ) 型構造とした (図-4 参照)。リボン型構造とすることで、光ファイバ 4 芯線を一括融着接続することが可能になり作業時間の短縮を図ることができる。リボン型ケーブルの導入は、イ国では初めての試みであったが、治安面が安定しない現場での作業時間短縮のために大きく貢献したと考えられる。

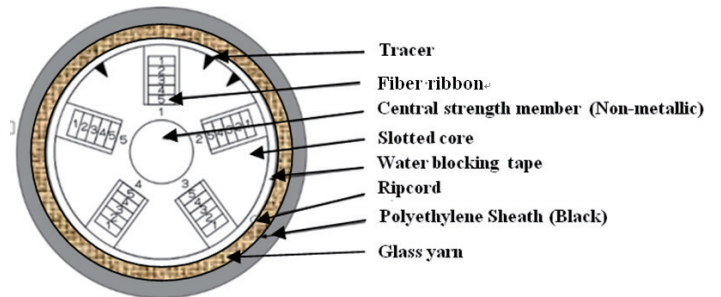


図-4 リボン (テープスペーサ) 型光ファイバ断面構造図

また、光ファイバケーブルの横断構造には、SZ 捻構造を採用した (図-5 参照)。これにより、光ファイバ芯線の間後分岐が可能となり、将来の回線網拡張時の施工性を向上させることができる。

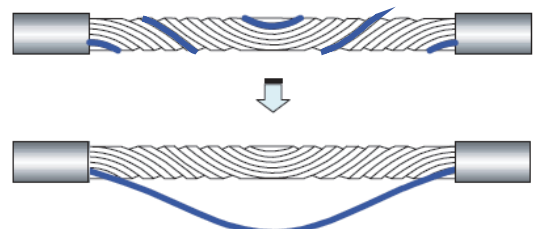


図-5 SZ 捻構造の概念図

(5) QoS^{注4)}・帯域制御

当該アクセス回線網では、以下の各種マルチメディア情報サービス (トリプルプレイサービス) がユーザーに提供される。

- 高速インターネット
- VoIP 音声、SIP (Session Initiation Protocol)
- ビデオオンデマンド映像 (ユニキャスト)

注3) GPON: Gigabit Passive Optical Network: ギガビットPON (1 芯の光ファイバを共用して複数のユーザーに対して通信サービスを提供する伝送技術)

注4) QOS: Quality of Service: ネットワーク上で提供する通信サービス品質

● IPTV 映像（マルチキャスト）

各種情報はトラフィック輻輳時の音声等優先パケットの遅延・損失防止を図るため、VLAN（Virtual LAN）と呼ばれる論理的帯域分割手法を使用して回線を構築するものとした。

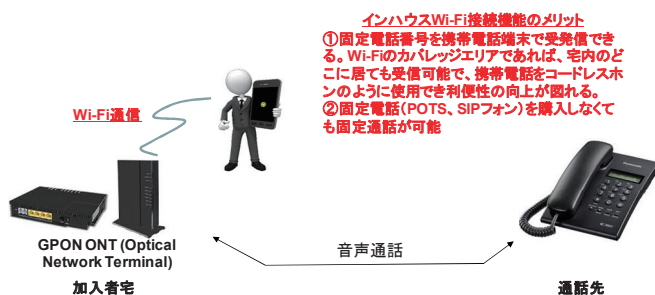
また、本通信網では利用可能なインターネットサービス帯域幅（1Mbps、2Mbps、4Mbps、ダウンロード量は無制限）を各ユーザが選択できるようになっている。当該帯域制御には、DPI（Deep Packet Inspection）と言われるパケットフィルタリング機能が適用されている。

（6）インハウス Wi-Fi 接続機能

ユーザ側端末である ONT（Optical Network Terminal）には、利便性の向上を図るためインハウス Wi-Fi 接続機能を具備した（図－6 参照）。当該 Wi-Fi 接続機能は、固定電話番号に着呼した音声通話を携帯電話で着信する、あるいは携帯電話より固定電話網を介して発呼する機能であり（携帯電話の SIM で着信・発呼するものではない）、次のようなユーザ側メリットが期待できる。

- Wi-Fi カバレッジエリア内であれば、宅内のどこにいても受発信が可能であり、携帯電話をコードレスホンのように使用できる。
- POTS^{注5)} 電話、IP 電話などの固定電話専用機を購入する必要がない。

Wi-Fi 接続機能は、ONT の SIP サーバ機能を用いて実現されるものであり、我が国の一部の電気通信事業者も当該サービスを提供している。



図－6 インハウス Wi-Fi 接続機能

4. IMS ならびに課金システムの設計・整備

（1）NGN/IMS の導入

NGN（Next Generation Network）は 3GPP2/TISPAN^{注6)} で規定された通信アーキテクチャで、IP（Internet Protocol）という共通のプロトコルを使用して音声・データ・映像等の各種マルチメディアサービスを融合し、ユーザへ提供するための最新のアーキテクチャである。近年全世界的に NGN の導入

が進められているが、この背景として次の理由がある。

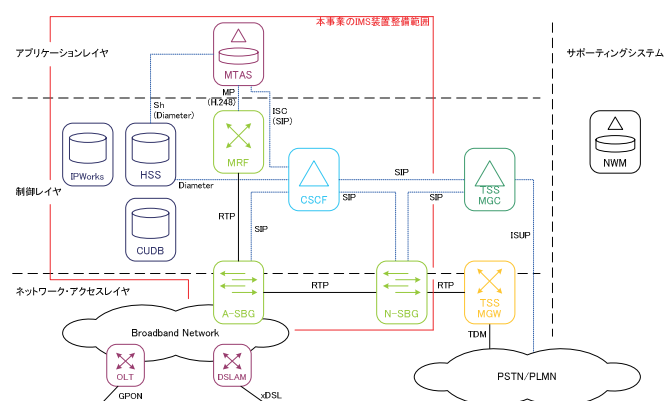
- 固定電話網、移動通信網、インターネット網ならびに放送ネットワーク網は、これまで各々が個別に構築されていたことから、ネットワークリソースの有効活用、相互の連携、整備コストという面で課題があった。移動体通信網やインターネット網の需要の増大に伴い、これらの課題を解決するため、IP を利用して、各網相互に互換性を有する共通のプラットフォームを構築する必要性が生じていた。
- 各網の利点、いわゆる回線交換（電話）網の高品質性（品質保証型）とパケット交換網の回線利用効率、フレキシビリティを兼ね備えた通信プラットフォームの構築が必要とされていた。

IMS（IP Multimedia Subsystem）は、NGN の中核をなす最新の伝送交換・通信制御装置であり、以下のコンポーネント・機能から構成される（表－4 参照）。

表－4 IMS 装置コンポーネント・機能

コンポーネント	機能
CSCF: Call Session Controller Function	SIP 呼制御サーバで、ユーザの登録やセッション設定の制御を行う。HSS から取得した加入者情報に基づき呼制御を行う。
SBG: Session Border Gateway	3GPP/TISPAN で P-CSCF として規定されるユーザ端末を相互接続するための SIP-Proxy サーバ。SIP 信号圧縮やアクセス網とのインタフェースを持ち、QoS 制御などを行う。
HSS: Home Subscription Server CUDB: Centralized User Database	IMS で用いるユーザ ID の管理、各ユーザの加入しているサービスプロファイルの管理、認証情報情報の管理、各 IMS サービス利用可否の管理などを行う。
IP Works	高速インターネットサービスを提供するためにインターネットサービス事業者 (ISP) とユーザを接続するためのインターネット接続認証システム。DNS、AAA サーバなどの機能を有する。
MRF: Media Resource Function	メディアを制御するための装置。音声ガイダンス、ビデオ会議などのメディアの蓄積・合成・再生処理を行う。
MTAS: Multimedia Telephony Application Server	マルチメディアテレフォニー (MMTel) サービスを提供するためのアプリケーションサーバ。

本事業で整備した IMS 装置コンポーネントの構成を図－7 に示す。



図－7 IMS 装置コンポーネント構成

本事業では、当初 IMS 装置は対象外であったが、以下に示すような大きな導入効果が期待されることから、コンサルタント設計段階で当該事業に含めるものとした。

注5) POTS: Plain Old Telephone Service：従来のアナログ電話回線サービス

注6) 3GPP2/TISPAN: NGN の標準化団体

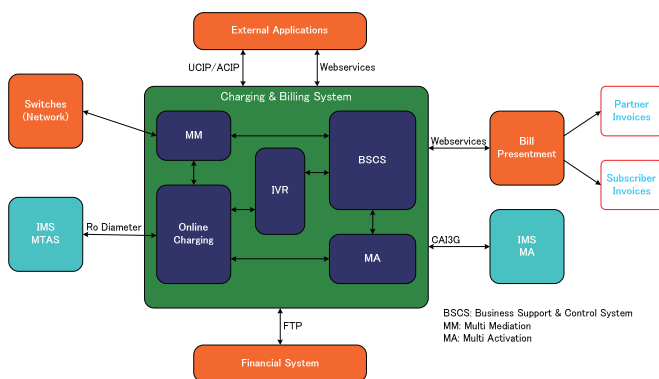
- 共通の IMS プラットフォーム上で、高速インターネット、VoIP 音声、ビデオオンデマンド映像、TV 映像等の最新のマルチメディアサービスをユーザへ提供できる。
- 従来の交換機・ソフトスイッチおよびこれらの接続に必要なインタフェース装置などを順次撤去可能で、通信システム全体の CAPEX・OPEX^{注7)}の削減に寄与できる。
- 導入した IMS 装置は 100 万世帯以上のユーザを収容でき、当該事業で整備した 15 万世帯のアクセス回線のみならず、今後のネットワーク拡張に柔軟に対応できる。
- ISP^{注8)}、携帯電話事業者、放送事業者との連携が容易になる。
- IMS 装置は、立地的な二重化構成となっており（バグダッドを縦断するチグリス川兩岸の Al-Mamoon 交換局ならびに Jadriya 交換局に設置）、伝送交換・通信制御システムの信頼性の向上が図れる。

(2) 課金システムの整備

課金システムは、ユーザの通信料金課金に係るシステムである。当事業では、既存の課金システムに以下の機能を付加することで性能の向上を図るものとした。

- オフライン課金に加えて、オンライン課金機能を付加した。
- IMS 装置と同様に、立地的な二重化構成とし（Dhubad 交換局ならびに ITPC Computer Center に設置）、信頼性の向上を図った。
- ユーザ宅（端末）からの料金リチャージ機能を付加した。

課金システムは、メインモジュールである BSCS (Business Support & Control System)、Online Charging、MM (Multi Mediation)、MA (Multi Activation) ならびにユーザ端末からの料金リチャージ機能を実現する IVR (Interactive Voice Response) の 5 つのソフトウェアコンポーネントから構成される。図－8 に課金システムのアーキテクチャを示す。



図－8 課金システムアーキテクチャ

注7) CAPEX・OPEX: Capital Expenditure/Operating Expense: 設備投資コスト・運用コスト

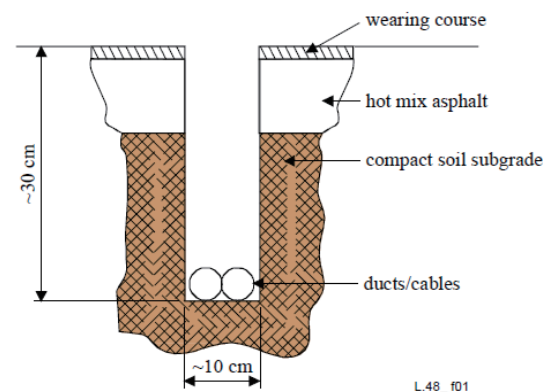
注8) ISP: Internet Service Provider : インターネット接続サービス事業者

5. 施工時の配慮事項

(1) ミニトレンチ工法の採用

本事業の実施における大きな課題は、工事金額・施工期間の圧縮、安全の確保であった。当該事業の L/A 締結時点（2012 年 10 月）において 1ドル≒ 80 円の為替レートであったものが、業者契約開始時の 2015 年 9 月には 1ドル≒ 120 円まで円安が進み工事予算を圧迫した。また、バグダッド市内の治安状況を考慮した場合、施工期間の短縮・安全の確保は最優先の課題であった。とりわけ、ケーブル総延長：約 1,270km、通信線路埋設工事延長：約 590km におよぶ光ファイバ線路工事をいかに短期間に完了させるかが重要な課題であった。

この課題の解決に大きく貢献したのが、ミニトレンチ工法の採用である。ミニトレンチ工法は、ITU-T L.48 勧告で規定される掘削工法で、ブレードカッターにより深さ 30 ～ 40cm、幅 7 ～ 15cm で切削し通信管路あるいはケーブルを埋設する工法である（図－9、写真－1 参照）。



図－9 ミニトレンチ工法切削断面¹⁾

ミニトレンチ工法は、日施工量約 500m（従来のバックホー等による施工では 200m / 日程度）が期待でき、施工単価も約 25% の圧縮を図ることが可能であった。本工法の採用は、コンサルタント提案により業者契約変更で実現した。



写真－1 当該工事で使用したミニトレンチ切削機

(2) リモートアクセスによるシステムインテグレーション作業・FTP サーバを利用した承諾図書の共有

本事業の対象サイトはバグダッド市内の 6 地区であり、日本人・欧米人等の立ち入りが厳しく制限されるエリアであった。コントラクターの主たる技術者は欧米国籍の人間であったため通信設備の高度な現地調整作業が課題であった。これを解決する手段として用いられた手法が、リモートアクセスによる通信システムのインテグレーション作業である。各技術者は、一定範囲の許可された権限内で施主（ITPC）のネットワークに外部からアクセスし、各種通信設備、IMS、課金システムの調整作業やネットワーク設定作業を実施した。この手法により、施工の安全性を確保できたほか、時差を利用して効率的に作業を行い工期の短縮に努めた。

また、本事業の関係者は、バグダッド、ヨルダン国アンマン（外国人コンサルタントが駐在）、中東・欧米各国に点在していたことから、関係者間の情報共有には通常の e メールによるほか、FTP サーバを立ち上げ承諾図書等の大容量ファイルを共有できる仕組みを構築し、ドキュメントのハンドリングを迅速かつ確実に行えるよう配慮した。

(3) 進捗監理、会議

前述の通り、外国人コンサルタント、コントラクター側主要技術者がバグダッドに入れないことから、進捗監理・会議は以下の点に配慮した。

- 日々の施工進捗を写真・映像によりローカルコンサルタントより報告させ現場状況の把握に努めた。
- 進捗会議はバグダッドで開催される週例・月例会議に加え、第三国での会議を開催することとした。また、施工上の問題が発生した場合には、TV 会議を速やかに開催し対応策を協議するものとした。

第三国での会議開催にあたっては、関係者が多国籍にわたるため、周辺国の状況によって各関係者の入国可否が変化し、会議場所をその都度臨機応変に変更させる必要があった（トルコ、レバノン、UAE 等で開催、写真－2 参照）。本事業の難しさを物語る一面である。



写真－2 進捗会議の様子（トルコ国イスタンブール）

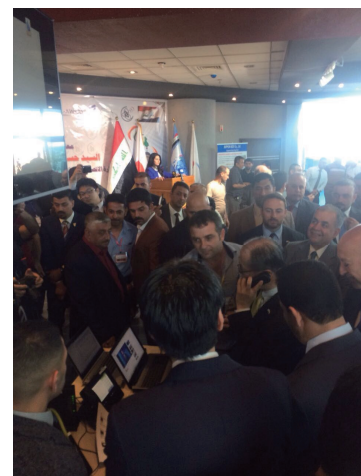
6. おわりに

本事業は、2017 年 4 月 17 日に開所式を終え、同 5 月 31 日に工事完成に至った。開所式には通信大臣他イ国政府主要関係者、ならびに在イラク日本大使、JICA イラク事務所長以下日本関係者に列席を賜り盛大なうちに閉幕した。開所式では、本事業で整備された通信網を利用して、国際音声通話、高速インターネット、TV 映像再放送サービスなどのデモンストレーションが実施された（写真－3 参照）。

近年、情報通信は必要不可欠な社会インフラとなっており、本事業がイ国の経済発展と安全の向上に貢献するものと期待される。一方で、イ国の通信水準を近隣諸国レベルまで向上させるには、更なるアクセス回線網の整備や基幹通信網の増強・再整備、国際関門局の増強、ネットワーク監視センター（NOC）の構築など実施すべき課題は多い。本事業が、そのフェーズ 1 事業として今後のイ国通信網の発展に寄与することを願っている。

参考文献

- 1) ITU-T L.48: Mini-trench installation technique (03/2003)



写真－3 開所式典（国際音声通話デモ）の様子

写真－3 参照）。