

由良川における災害に強いネットワークの実現に向けて

浅井 崇弘

近畿地方整備局 企画部 情報通信技術課 (〒540-8586 大阪府大阪市中央区大手前 1-5-44) .

福知山河川国道事務所が管理している由良川では、迅速に現地の情報収集を行うため、河川水位の計測や水門・樋門等の状態監視を光ネットワークを介して行っている。本稿では、災害時においても信頼性の高い通信を行うため、災害に強い光ネットワークの実現を目的とした冗長化の取組について紹介する。

キーワード 由良川、光ネットワーク、光ケーブル、冗長化

1. はじめ

(1) 由良川の概要

福知山河川国道事務所は、由良川水系の由良川54.1km、土師川2.3kmを直轄で管理している。由良川の上流部は河床勾配が約1/200~1/300と急であり、川の流れる速くなる地形となっている。福知山市や綾部市の市街地を擁する中流部の福知山盆地では、河床勾配が約1/500~1/1,500と緩やかになっているため、洪水が溜まりやすい地形となっている。下流部では、河床勾配が約1/8,000と更に緩やかになり、かつ兩岸に山が迫った狭長な谷底平野となっている。(図-1)

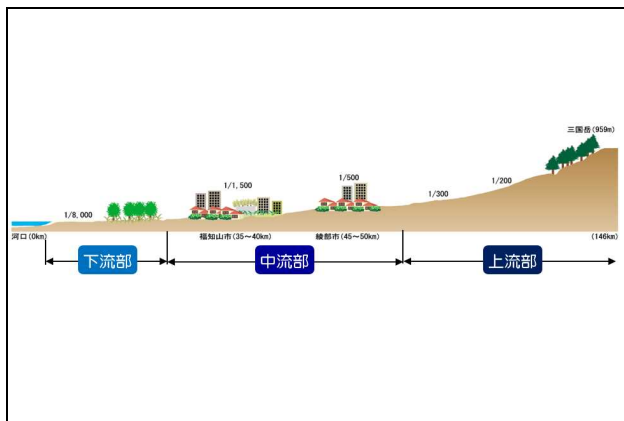


図-1 由良川の地形

(2) 過去の出水被害と由良川の河川整備

前項で記載したとおり、由良川中流部は独特の地形となっているため、洪水時には中流部で溜まった水が下流部へ流れにくくなっている。また、堤防の整備もされていなかったため、福知山市域では古くから多くの洪水被害を受けてきた。(表-1)

■既往洪水の概要

発生年月日	原因	洪水流量 (m ³ /s) 福知山地点	被害の状況
1953年9月25日	台風13号	6,500	死者・行方不明者37人、床上浸水5,307戸、床下浸水2,458戸
1959年9月26日	台風15号	4,384	死者・行方不明者3人、床上浸水4,455戸、床下浸水2,450戸
1961年10月28日	台風26号	2,402	床上浸水767戸、床下浸水1,540戸
1965年9月17日	秋雨前線 台風24号	2,833	床上浸水411戸、床下浸水1,534戸
1972年9月16日	台風20号	4,063	床上浸水527戸、床下浸水1,024戸
1982年8月1日	台風10号	3,636	床上浸水40戸、床下浸水65戸
1983年9月28日	台風10号	3,608	床上浸水23戸、床下浸水49戸
2004年10月20日	台風23号	5,285	死者5人、床上浸水1,251戸、床下浸水418戸
2011年9月21日	台風15号	3,188	床下浸水4戸
2013年9月16日	台風18号	5,390	床上浸水1,102戸、床下浸水500戸
2014年8月16日	秋雨前線 (集中豪)	3,530	床上浸水1,586戸、床下浸水1,712戸(弘法川・法川流域)
2017年10月23日	台風21号	4,278	床上浸水104戸、床下浸水134戸
2018年7月7日	梅雨前線	3,591	床上浸水226戸、床下浸水337戸

表-1 既往洪水の概要

2004年10月の台風23号における出水では、堤防の浸食による光ケーブル管路が剥き出しとなり光ネットワーク切断の危険性があった。(写真-1)



写真-1 大規模出水により剥出しになった管路

2004年の台風23号による洪水被害を受け、由良川下流部の堤防整備を目的とした由良川下流部緊急水防災対策を実施し概ね10年かけて完了した。2004年の洪水以外にも、福知山河川国道事務所管内では2013年、2014年と立て続けに大きな洪水被害を受けた。洪水被害を受け2015年より国土交通省、京都府、福知山市が連携し、総合的な治水対策事業を進め2021年に完了した。

2. 由良川の光ネットワークの現状と課題

福知山河川国道事務所管内では、由良川の河川管理を目的としたCCTVカメラを設置している。CCTVカメラの映像は、河川ライブカメラとして地域住民向けにインターネット配信を行っている。CCTVカメラは由良川沿いに設置し、年度を重ねる毎に設置台数も増加した。また、一般の地域住民向けに配信していないが、樋門の内外水を監視するためのCCTVカメラも設置している。由良川沿いの光ケーブルは、CCTVカメラの設置に伴い距離を延伸し、現在も光ネットワークの拡大を進めている。事務所と出張所において、L3SWを通じて通信を行っている光ネットワークを本線系とし、出張所のL2SWから延びている光ネットワークを支線系として整備を進めてきた。CCTVカメラは支線系光ネットワークに含まれている。

光ネットワークの整備を進めているところであるが、支線系光ネットワークの冗長化を考慮していない。そのため、従来の支線系光ネットワークで災害等で光ケーブルが切断した場合、CCTVカメラによる由良川の

河川管理や地域住民への河川ライブカメラ等の映像提供ができなくなる。支線系光ネットワークが冗長化されていないことによる脆弱性の課題があった。課題対策前の支線系光ネットワークは図-2のとおりである。

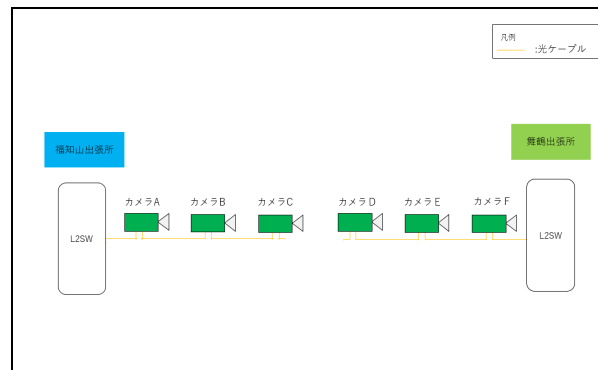


図-2 課題対策前の支線系光ネットワーク

従来の支線系光ネットワークは、各出張所のL2SWから光ケーブルが送受信用に二芯伸びており、CCTVカメラと通信を行っていた。図-2のとおり、カメラ装置同士(図中のカメラA,カメラB,カメラC)が光ケーブルで接続されていた。配置しているCCTV設備は、各出張所のL2SWへデータ通信を行っていた。各出張所のL2SWを通して事務所へデータ送信していた。図-3で災害時に光ケーブルが切断した場合を想定する。図-3の箇所では光ケーブルが切断した場合、出張所のL2SWへ通信を行うための経路が断たれてしまう。結果、図中の福知山出張所に向けて通信を行っているCCTVカメラ設備(図中のカメラA,カメラB,カメラC)が孤立し通信が途切れることになる。

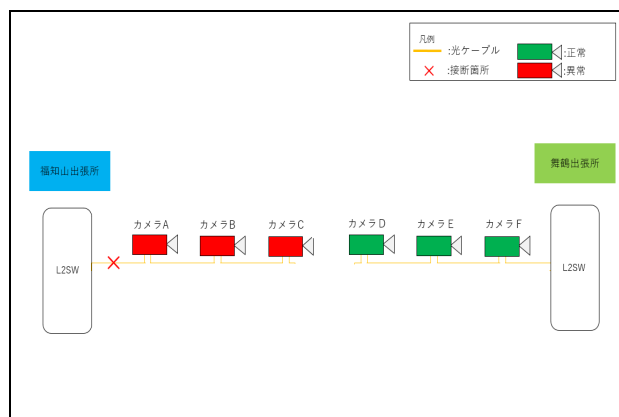


図-3 光ケーブル切断時の支線系光ネットワーク

このような支線系光ネットワークの課題を解消するための手段として冗長化を検討した。検討した結果、

以下のとおり留意すべき事項が判明した。

留意すべき事項：設備にかかる負荷を考慮した
光ネットワーク構築

福知山河川国道事務所で管理するCCTVカメラ設備は、各出張所L2SWに向けて通信を行っている。また、L2SWはL3SWへとデータ通信を行っている。もし図-4のように通信が切断した場合、迂回路をとることになるが、その際、通常の負荷に加えて迂回路方向からの通信による負荷がL2SWにかかる。通信方向が一方向になった際にも、通信異常が発生しない光ネットワークを構築する必要がある。

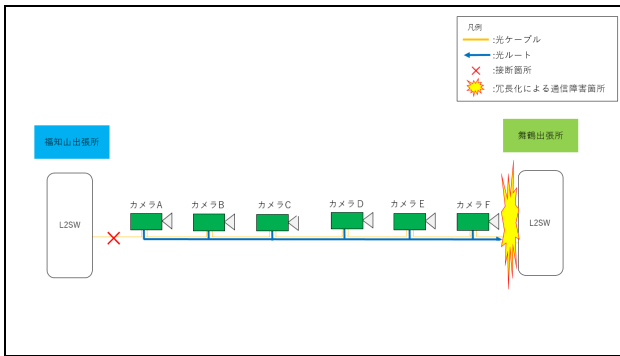


図-4 支線系光ネットワーク障害イメージ

3. 由良川における支線系光ネットワーク整備

本章では、由良川における支線系光ネットワークの冗長化実施による整備の内容を記載する。課題対策後は図-5のようになる。

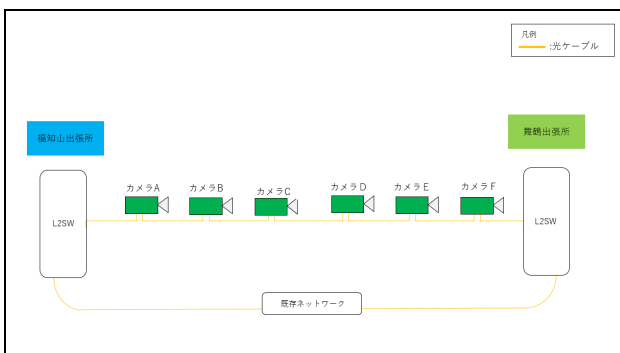


図-5 課題対策後の支線系光ネットワーク

図-5のとおり、福知山出張所L2SWに向け通信していたCCTVカメラの配置を、福知山出張所—舞鶴出張所L2SW間に振り替えた。本整備により光ケーブル切断時

にも、迂回路による通信が可能となる。また、迂回することによって過負荷となる機器を調査し、更新を同時に実施した。結果、通信切断が起きた際に各L2SWが過負荷となって停止しない。

図-6で、災害時に光ケーブルが切断した際の支線系光ネットワークの迂回方向を示し、実際のデータの流れを記載する。

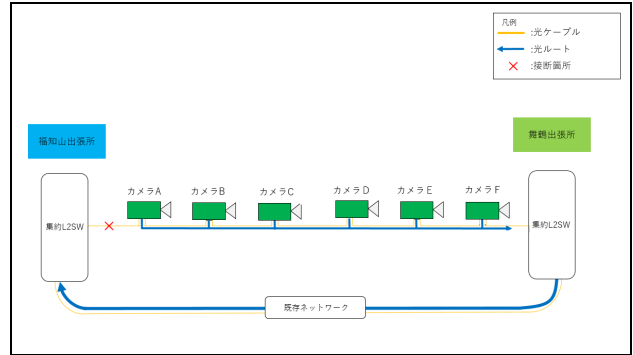


図-6 支線系光ネットワーク切断時の光ルート

福知山出張所へ通信を行っていたCCTVカメラを例に説明する。図-3の場合、光ケーブルが切断した際、福知山出張所L2SWへとデータを送っていた経路が断たれた。結果、同一の光ケーブルを使用した支線系光ネットワークになっていたため通信が途切れた。だが、図-6のように福知山出張所—舞鶴出張所間に光ケーブルの芯線を繋ぎ変えることにより、福知山出張所方向だけでなく舞鶴出張所方向へデータ通信が可能となる。

図-6のような迂回路をとることで、光ケーブル切断時における光ネットワーク障害に対応できる。また、冗長化を行った上で下記点を工夫し取り組んだ。

工夫：冗長化のための支線系光ネットワーク再検討
前章で、設備にかかる負荷を考慮した支線系光ネットワーク構成の必要性について記載したが、更新対象となる機器の更新を全箇所行くと高価になる。既存設備を最大限利用することを検討した。そのためには、各関連設備構成を熟知する必要がある。検討を重ねた結果、以下の内容を実施した。CCTVカメラ間の伝送距離について、CCTVカメラ間の距離が離れている、CCTVカメラとL2SWとの距離が離れている場合には、伝送距離の関係上通信を行えない場合がある。従来の支線系光ネットワークにおいても、伝送距離を延伸させるための機器を配置しているが、各CCTVカメラ間が同じ伝送距離ではない。配置するCCTVカメラを各出張所間で割り振り、伝送距離の延伸が必要なCCTVカメラについては長距離用SFPモジュールを取り付けることにより、既存の設備を最大限利用することができた。

4. 考察

本整備で、各L2SWに向けて一方向に繋ぎこんでいたCCTVカメラをL2SW間に繋ぎ変えた。光ケーブルが切断された際に迂回路をとることができ、災害に強い支線系光ネットワークを実現できた。ただ長距離用SFPモジュールを使用し光ケーブル伝送距離を延伸させるだけでなく、既存の設備を考慮した支線系ネットワークを構築することができた。また、冗長化により災害等で光ケーブルが切断された際に通信が途切れることなく安定した通信が可能となる。結果、支線系光ネットワーク迂回路の確保により脆弱性が解消された。

冗長化により、災害に強い光ネットワーク構築が可能となったが、検討を重ねる中で河川と同様に道路の支線系光ネットワークの冗長化により、図-7のような災害時にさらに強靱な光ネットワークを構築できるのではないかと考える。

本論文は著者の前任地である、近畿地方整備局福知山河川国道事務所で実施した、「由良川における災害に強いネットワークの実現に向けて」の取組についてとりまとめたものである。

謝辞：「由良川における災害に強いネットワークの実現に向けて」の取組でご協力いただいた関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

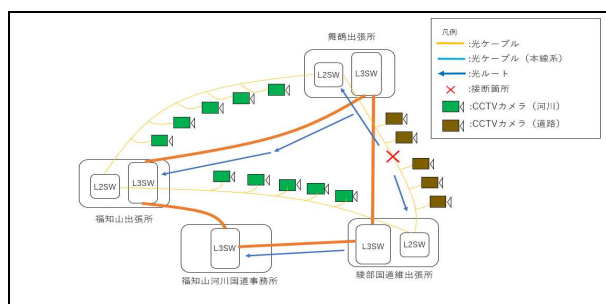


図-7 道路の支線系ネットワークの冗長化

福知山河川国道事務所管内では、河川管理のためのCCTVカメラを整備している。その他、道路管理のCCTVカメラを配置し、各装置は事務所へデータ伝送を行っている。道路の支線系ネットワークの冗長化を行うことができれば、由良川の光ケーブル切断の際だけでなく、道路の支線系光ネットワークで障害が発生した際にも、迂回による通信を行うことができる。そのために必要なこととして、光ケーブル及び通信容量の増大に伴う伝送距離を延伸させるためのSFPモジュール等機器の配置や、ケーブルを送受信する際に経由する各伝送装置容量を増大させる必要がある。なぜなら、河川情報だけでなく道路情報の伝送容量も考慮する必要があるからである。支線系光ネットワークを改修する際には、既存の設備を活かした検討、またコスト面ではなく機能性を重視するなど総合的に判断する必要がある。今後さらなる支線系光ネットワーク整備を行う場合には、伝送容量や伝送距離を考慮することが重要であり、考慮することにより災害時における強靱な光ネットワークの構築ができる。