



イズミル市における  
リスク管理に基づいた  
下水道管路更新計画立案のための能力向上  
プロジェクト

2016年-2019年

**略語:**

<b>IZSU</b>	<b>:</b>	<b>イズミル上下水道管理総局</b>
<b>SENDAI</b>	<b>:</b>	<b>仙台市、日本国</b>
<b>JICA</b>	<b>:</b>	<b>独立行政法人国際協力機構</b>
<b>JOCA</b>	<b>:</b>	<b>公益社団法人青年海外協力協会</b>
<b>CABS</b>	<b>:</b>	<b>地理インフラ情報システム</b>
<b>X,Y,Z</b>	<b>:</b>	<b>座標値</b>
<b>GIS</b>	<b>:</b>	<b>地理情報システム (Geographical Information System)</b>
<b>BB</b>	<b>:</b>	<b>コンクリート管</b>
<b>ECBB</b>	<b>:</b>	<b>ゴム輪付きコンクリート管</b>
<b>HDPE</b>	<b>:</b>	<b>高密度ポリエチレンパイプ</b>

## プロジェクトメンバーと参加期間

### 仙台市:

<b>Tetsuya MIZUTANI</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>
<b>Akihiko OTSUBO</b>	<b>(2017.04-2019.03)</b>
<b>Takeshi ITO</b>	<b>(2018.04-2019.03)</b>
<b>Reiko CHIBA</b>	<b>(2017.04-2019.03)</b>
<b>Fuminori TAKAHASHI</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>
<b>Koichi NAKASHIMA</b>	<b>(2017.04-2019.03)</b>
<b>Shinya MIZUSAWA</b>	<b>(2017.04-2019.03)</b>
<b>Akihiko OOSUMI</b>	<b>(2017.12-2019.03)</b>
<b>Hiroyuki KATO</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>
<b>Yusuke SUGAWARA</b>	<b>(2017.04-2019.03)</b>
<b>Naoya ABE</b>	<b>(2016.03-2018.03)</b>
<b>Koki KOMATSU</b>	<b>(2016.03-2018.03)</b>
<b>Takayuki KOIKE</b>	<b>(2016.03-2017.03)</b>
<b>Yuuji MITSUZUKA</b>	<b>(2016.03-2017.03)</b>

### IZSU:

<b>Gülay DEMİRCİOĞLU</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>
<b>Onur DEMİRCİ</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>
<b>M.Faruk İŞGENÇ</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>
<b>M.Levent SINMAZ</b>	<b>(2018.06-2019.03)</b>
<b>Meral ÇOBAN</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>
<b>Özgür ŞENİM</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>
<b>Mustafa TELOĞLU</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>
<b>Atilla AYAZLAR</b>	<b>(2017.06-2019.03)</b>
<b>Recep SARAÇOĞLU</b>	<b>(2017.06-2019.03)</b>

### JOCA:

<b>Eiji HOSHI</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>
-------------------	--------------------------

### 通訳:

<b>Yumiko NAKAZAWA</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>
<b>Mustafa DERVIŞOĞLU</b>	<b>(2016.03-2019.03)</b>

:

## 目次

1.	はじめに.....	5
2.	全体状況.....	5
3.	リスク評価基準.....	6
3.1.	リスク評価表.....	6
3.1.1.	影響項目の確定.....	6
3.1.2.	発生確率（予備調査）.....	9
3.1.3.	影響項目によるリスクマトリクスの色付け:.....	11
4.	カメラ撮影と調査基準.....	14
4.1.	カメラ撮影.....	14
4.2.	カメラ調査基準.....	14
4.3.	不良率.....	17
5.	最終リスク評価表:.....	19
6.	パイロット地区の決定とデータ収集:.....	24
7.	パイロット地区におけるリスク評価の実施およびリスクマップの作成.....	26
8.	結果: 改築-更新計画.....	30
8.1.	改築-更新計画の作成.....	31
8.1.1.	対応方法の選択.....	31
8.1.2.	改築-更新計画案の作成と予算策定.....	32
8.2.	計画期間および全体費用.....	32
8.2.1.	行動対応フローチャートの作成.....	32
8.2.2.	計画期間.....	35
8.2.3.	全体的な費用.....	35
8.3.	年別施工計画.....	36
8.3.1.	年別施工計画地域の確定に関する基準.....	36
8.3.2.	年別施工マップ.....	36
図 10.	2023 年の施工マップ.....	41
8.3.3.	年別施工量.....	43
8.3.4.	年別施工費用.....	44
8.4.	計画実施の評価と公表の方法.....	46
8.4.1.	計画実施の評価方法.....	46
8.4.2.	計画実施状況の公表方法.....	46

### <添付>

1. 覚書 (M/M)
2. 写真
3. 新聞記事

## 1. はじめに

独立行政法人国際協力機構(JICA)の支援により、仙台市(建設局下水道経営部・下水道事業部)とイズミル市上下水道管理総局(IZSU)との間の技術協力事業として、「イズミル市におけるリスク管理に基づいた下水道管路更新計画立案のための能力向上」プロジェクトが実施された。この技術協力プロジェクトの目的は、仙台市で実施されたように、イズミル市でも既存の下水道管路におけるリスク評価を行い、それに基づいて改築-更新計画を作成することにより、IZSUがアセットマネジメントに適した投資決定をできるようにすることである。プロジェクトの開始に先立ち、2016年3月2日に覚書(M/M: Minutes of Meeting)が署名された(添付1)。M/Mに記載された内容に従い、3年間で(2016年-2019年)すべての活動が実施された。

## 2. 全体状況

イズミルにおける下水道システムでは、汚水は合流式下水道によって集められ、主要コレクター管を通して処理場まで運ばれている。これらの下水道管には、コンクリート管、ヒューム管、コルゲート管および圧送管のための高密度ポリエチレン管(HDPE)が使用されている。また、昔作られた石積トンネル下水道も存在する。

イズミルの地形的構造から、湾に沿って敷設されているコレクター管は緩勾配のため、4か所の主要ポンプ場を通して、大都市の汚水処理用に作られたチーリ下水処理場(605,000 m<sup>3</sup>/日)までつながっている。

IZSUの管轄下にある上下水道管路および雨水管路とその関連施設に関する情報は、(X, Y, Z)座標値および言語情報(径、材質、製造年など)として、インフラ地理情報システム(CABS:以下GISと表記する)に入力されている。イズミルの都市部(中心にある11区)で、現在までに確認され、GISに入力されている下水道管路の合計は2280kmである。このうち、2215kmは面整備管であり、65kmが主要コレクター管である。

IZSUは1987年に設立された。しかし、都市の大部分の下水道管路は、それ以前の1980年代初めに区部行政によって敷設されたものである。下水道管の位置に関しては、1997年以降に、現地測量調査の結果がデジタルデータとして保管され始めた。ただし、GISシステムが導入された2011年以前に敷設されたインフラ整備のほとんどがいつ行われたのかの情報はなく、1997年以降のデータが一部GISに登録されているのみである。

IZSU では、既存の下水道管路の管理を、計画的な保守作業のほか、故障、要望、苦情などに従って行っている。計画的な保守作業では、区ごとに汚水および雨水管路や関連施設の点検修理と清掃を行っている。そして、管路清掃後に撮影されたカメラ映像にもとづいて、修理や更新の判断をしている。

### 3. リスク評価基準

事業活動に影響を及ぼすところのリスクは、アセットマネジメントにおいて中心的な影響を及ぼすものである。「リスク＝影響の大きさ×発生確率」として定義できる。発生確率というのは、ある影響が発生する、または実現する確率である。

#### 3.1. リスク評価表

##### 3.1.1. 影響項目の確定

仙台市とともに行ったワークショップにおいて、イズミルの下水道管路においてリスクとなりうる影響項目として、次の12が挙げられた。

1-管の種類（主要コレクター管、コレクター管、面整備管）、2-管径、3-流量、4-環境汚染、5-生命の安全、6-経済損失、7-海拔（管路の布設高）、8-資材の在庫状況、9-地震時に重要な箇所、10-交通量、11-人孔間の距離、12-修理費用（表1）

表 1. 影響項目 (12 項目で検討)

	項目	単位	説明 (意味・目的)	算出方法
影 響	管の種類			
	管径	mm	管径が大きいほどサービスの停止による影響が大きく、壊れた時の復旧が困難である。	GIS に登録されている管径データをチェックする。
	流量	m <sup>3</sup> /s	降雨時やピーク時の流量が、既存の管路の能力を超える理由になっている。	管路につながる家庭数や家族構成人数によって、流量計算をすることもできる。
	環境汚染			チーリ下水処理場のために、汚染度を計算する。
	生命の安全			
	経済損失			
	海拔 (管路の布設高)	m	人孔深の海拔(マイナス)が海面下である管路では、浸入水により満管率が上がり、これにつながっている管路まで機能しなくなる。	GIS に登録されている人孔深海拔データをチェックする。
	資材の在庫状況		在庫のパイプ、人孔底のパイプ接続部品、人孔蓋などの数	
	地震時に重要な箇所	m	地震後に、病院、学校、市民避難場所などの施設が機能を果たす必要がある。	病院、市役所、市民避難場所などについては、GIS 上で、そこから処理場までの管路状況の分析を行う。
	交通量		交通量の多い場所にある下水道管路の機能は継続させる必要がある。	イズミル市から入手した道路データに基づき、GIS データをチェックする。道路の幅 (幹線道路、車道など) により、交通量を推定する。
	人孔間距離	m	人孔間の距離が長くなると、修繕費が増えて施工期間も長くなる。また、損壊後に更新するのはさらに困難になる。	GIS に登録されているスパンの長さをチェックする。
	修繕費用	TL	更新修繕費用が異なってくるため、予算内での実施に影響する。	管の経過年数、種類、径により修繕にかかる期間が決まり、期間によって費用も確定する。単位費用 = 距離 × 各単価 (径、材質、地盤構造、深さなど)

その後、これらの項目の中で、「管の種類」と「管径」は影響としては同じであるため、また「流量」「環境汚染」「生命の安全」「経済損失」「資材の在庫状況」「地震時に重要な施設」「修繕費用」に関しては、証明や測定が難しいため、影響項目から取り除かれた。

結果として、リスク管理のためのリスク評価表に用いる、4つの影響項目および影響の大きさによるランクを表2のとおり確定した。

表2. 影響項目（4項目で決定）

項目	管径	海拔	交通量	人孔間距離	ランク
単位	mm	m		m	
小	Ø≤300	0≤ 海拔	脇道	人孔間 ≤20	1
	300<Ø≤400	-1 ≤ 海拔 < 0	裏通り	20< 人孔間 ≤60	2
	400<Ø≤600	-2 ≤ 海拔 < -1	車道	60< 人孔間 ≤80	3
	600<Ø≤1000	-5≤ 海拔<-2	大(本)通り	80< 人孔間 ≤100	4
大	1000<Ø≤2400	海拔 <-5	広い並木通り	人孔間 >100	5

#### 管径：

県全体で使用されている下水道管路の管径を調査して、リスクランク（影響の大きさ）によって5段階に分けた。管径が大きければ大きいほど、修繕にかかる費用や時間も大きくなる。管径についての情報は、GISに登録されている。（図2）

#### 海拔：

海面よりも低いところに敷設されている管路は、塩害や浸潤があるため、海面より高い位置にあるものより劣化するリスクが高い。また、地上より深くなればなるほど、更新するのも困難になる。既存の管路の状況を鑑み、ランク付けを5段階で行った。海拔情報も、GISに登録されている。（図2a）

#### 交通量（道路の種類）：

県内すべての道路を通行する車両台数を確定することはできないため、交通量は管路の敷設されている道路の種類によって行うことに決定した。道路の種類としては、脇道、裏通り、車道、広い並木通り、高速道路、に分けられた。しかし、高速道路の下



には管路は敷設してないため、その代わりに、いくつかの車道(イノニュ、アナドル、メンデレス通りなど)が他に比べて特別に交通量の多いことを考慮して、それらを大(本)通りとして評価することにした。道路の種類情報も、GISに登録されている。(図2a)

#### 人孔間距離(スパンの長さ) :

この影響のランク分けでは、既存の管路における人孔間の距離を参考に決定した。距離が長くなるほど、メンテナンスや修繕が困難になり費用も増えるため、リスクは高くなる。人孔間距離の情報も、GISに登録されている。(図2a)

### 3.1.2. 発生確率(予備調査)

最初の段階では、リスクの発生確率項目として、「敷設年」、「カメラ調査の結果確定した不良率」、「水質汚染」、「管路の敷設場所」、「管の勾配」、「管の材質」の合計6項目を検討し、表3を作成した。

その後、計測や確定が可能な「敷設年」「水質汚染」「管の材質」の3項目を、発生確率項目とすることにした。「カメラ調査の結果確定した不良率」は発生確率項目から除外し、チェックデータとして使用することにした。また、「管の勾配」に関する情報はカメラ調査基準(表11)で取り上げられているため、「管路の敷設場所」の情報はGISに登録されていないために、最初のリストから削除された。

こうして、表4のように、発生確率の3項目を5段階にランク付けして示した。

表-3. 発生確率(6項目で検討)

項目	単位	説明(意味・目的)	算出方法
敷設年 (老朽化)	年	敷設年が古くなると品質基準も低くなり、老朽化も伴って不具合の可能性が高くなる。	下水道管の材質によって耐用年数を出すことができる。GISに登録してある敷設年データを見ることができる。耐用年数に到達するまでの残期間が最も短い管を優先的に更新することにする。
カメラ調査の結果確定した不良率	割合	頻繁に下水道管清掃が行われる状況で、耐用年数が残り少ない管の優先度を明らかにするために行う。	カメラ調査の結果、不良率として破損の割合が算出される。

水質汚染	面積	排水濃度によって、管の腐食度や匂いが増加する。	現在の建設計画をみて、工業、観光、住宅地域の境界内の管路をリスク評価の対象とする。
管路の敷設場所	面積	管路の敷設場所により行われるリスク評価。例としては、川底、樹林地区、軟弱地盤などでのリスク。	GIS データを見ながら、管路の敷設場所を特定する。
管路の勾配の不足	勾配(率)		
管の材質		管の材質によるリスク。	GIS には管の材質が登録済み。

表 4. 発生確率(3項目でのランク付け)

発生確率						
低い				高い	単位	項目
2015 以降	2009-2014	2003-2008	1997-2002	1996 以前	年	敷設年(老朽化)
住宅	病院	レストラン	固形廃棄物埋立地および経由地	工業地帯	面積	水質汚染
その他	ヒューム	コンクリート	コルゲート	石積み		管の材質

**敷設年:**

IZSU では、1997 年から下水道管路を座標値で計測し、デジタルデータとして 1/1000 縮尺の一図葉単位の数値地図を保管し始めた。そのため、ランク付けに使用できる最も古い敷設年は 1997 年となる。

**水質汚染:**

重要な項目であるため、この段階では候補項目として残した。開発計画関連から入って、GIS にデータ入力できるかもしれないと考えた。

**管の材質:**

リスクの程度が最も高い管路は、石やレンガで作られたトンネル状の水路である。これらでは不具合の発生確率が非常に高い。ランク付けもそれに基づいて行った。

### 3.1.3. 影響項目によるリスクマトリクスの色付け

影響項目および発生確率を決定した後、まず「敷設年」を用いてリスクマトリクスを作成した。管路の更新が必要になる時期を、1年以内、5年以内、10年以内、20年以内、20年超と考え、それぞれの影響項目に対し発生確率によるリスクレベルを決めて、表5, 6, 7, 8, 9に示した。

このマトリクスの色付けするときには、下水道管路の改築-更新工事を1年以内に行う必要がある場合には赤、5年以内であれば青、10年以内は黄色、20年以内あるいはそれ以上後でよければ灰色とした。

表5. 影響項目「管径」によるリスクマトリクス

管径 (mm)		発生確率				
		低い		高い		
		20年超	20年以内	10年以内	5年以内	1年以内
		E	D	C	B	A
Ø≤300	1	灰色	灰色	黄色	青	赤
300<Ø≤400	2	灰色	灰色	黄色	青	赤
400<Ø≤600	3	灰色	黄色	青	赤	赤
600<Ø≤1000	4	灰色	黄色	青	赤	赤
1000<Ø≤2400	5	灰色	黄色	青	赤	赤

表6. 影響項目「海拔（管路の布設高）」によるリスクマトリクス

海拔		発生確率				
		低い		高い		
		20年超	20年以内	10年以内	5年以内	1年以内
		E	D	C	B	A
0≤ÇAK	1	灰色	灰色	黄色	青	赤
-1 ≤ÇAK< 0	2	灰色	黄色	黄色	青	赤
-2 ≤ÇAK< -1	3	灰色	黄色	青	赤	赤
-5≤ÇAK<-2	4	灰色	黄色	青	赤	赤
ÇAK<-5	5	灰色	黄色	青	赤	赤

表7. 影響項目「交通量（道路の種類）」によるリスクマトリクス

道路の種類		発生確率				
		低い		高い		
		20年超	20年以内	10年以内	5年以内	1年以内
		E	D	C	B	A
脇道	1					
裏通り	2					
車道	3					
大（本）通り	4					
広い並木通り	5					

表8. 影響項目「人孔間距離」によるリスクマトリクス

人孔間距離 (m)		発生確率				
		低い		高い		
		20年超	20年以内	10年以内	5年以内	1年以内
		E	D	C	B	A
BAU≤20	1					
20<BAU≤60	2					
60<BAU≤80	3					
80<BAU≤100	4					
BAU>100	5					

それぞれの影響項目について、リスクマトリクスの色付けを行った後、リスク評価表（表9）を作成した。ここでは、4つの別々の影響項目において、リスクマトリクス上の同じマス目の位置にある色を比較し、最大リスクの色をそのマス目の色とする方法がとられた。例として、B-2のマス目についてみると、海拔の影響項目のリスクマトリクスでは黄色(Lo)だが、他の項目のマトリクスにおける同じマス目はすべてグレー(No)である。この場合、最終マトリクスの色は黄色(Lo)とされた。

表 9. リスク評価表

	発生確率				
	低い				高い
	20 年超	20 年以内	10 年以内	5 年以内	1 年以内
	E	D	C	B	A
1					
2					
3					
4					
5					

ただし、プロジェクトが進んだ時点で、リスクの発生確率として用いることを検討した「敷設年」の情報が GIS のデータ登録されていない、あるいは特定も不可能なため、使用できないことが分かった。そして、その代わりに、カメラ調査の結果得られた不良率を発生確率として評価に用いることが適切と判断された。

同様のことが「水質汚染」「管の材質」についてもいえるため、この時点で「水質汚染」「管の材質」を用いた発生確率のリスク評価表は作成しなかった。

次に、リスク評価表により、表 10 のような対応行動表が作られた。

表 10. 対応行動表

リスク	行動内容
高い Hi	1 年以内に改築-更新計画に組み込
中程度 Mid	5 年以内に改築-更新計画に組み込む
低い Lo	計画のためのカメラ調査を 5 年後に実施する
なし No	苦情に注目する

下水道管路のリスク評価の結果、リスクが高い(赤)と判断された管路に関しては 1 年以内に、リスクが中程度のもの(青)は 5 年以内に、改築-更新工事を実現すべく計画立案することが決められた。また、リスクの低い(黄)管路は、計画を立てるため

のカメラ調査を5年後に行うこと、リスクがないといえるほど低いもの（灰）は、苦情に注目してモニタリングを行うことが決定された。

#### 4. カメラ撮影と調査基準

##### 4.1. カメラ撮影

長年行われてきた下水道管路の調査は、単に清掃後に管路が機能しているかどうかだけで評価されていた。一方、管路の中がどの程度の割合できれいになったのか、管の状態はどうか、残りの寿命などについては把握されていなかった。このような問題を解決するために、IZSU では近代的な技術を使って、清掃後にカメラ撮影を伴う調査作業を開始した。

今回のカメラ調査基準に基づいて行われた下水道管路調査では、流水機能状況とともに、不良率確定のためのレポートが作成された。作業を開始する前には、撮影を行う下水道管の入り口を止水栓で塞いで流れを止め、その後、清掃作業車によって内部をきれいにしてから撮影が行われた。

##### 4.2. カメラ調査基準

人孔間（スパン）ごとに行われる下水道管の状態に関する報告では、リスクとなりうる箇所およびその地点の人孔からの距離も特定される。リスク発生の原因となる基準を明らかにする上で、最も重要なのは不具合の大きさと長さである。

表 11 には、このレポートに係る管のリスク発生原因として確定された基準を示した。

表 11. カメラ調査のリスク基準

項目	高A	中B	低C
腐食（鉄筋コンクリート）	鉄筋露出	---	表面の荒れ
破損	部分の剥脱	---	---

縦方向のクラック (軸方向)	クラックの長さ $\geq$ 管の長さの 1/2	クラックの長さ $<$ 管の長さの 1/2	---
横方向のクラック (円周方向)	クラックの幅 $\geq$ 5mm	2mm $\leq$ クラックの幅 $<$ 5mm	クラックの幅 $<$ 2 mm
扁平	扁平 $\geq$ 径の 1/2	扁平 $<$ 径の 1/2	---
コンクリート、岩、 アスファルト	異物 $\geq$ 径の%50	径の%20 $\leq$ 異物 $<$ 径の%50	異物 $<$ 径の%20
接続部分の離れ	幅 $\geq$ 5 cm	0, 5cm $\leq$ 幅 $<$ 5 cm	0 $\leq$ 幅 $<$ 0, 5 cm
勾配	勾配 $\geq$ 径の 1/2	径の 1/2 $>$ 勾配 $\geq$ 径の 1/10	勾配 $<$ 径の 1/10

腐食： 下水道管に使用されるコンクリートやヒューム管を長期間使用していると、汚水に含まれる化学物質が原因で、コンクリートの特性が失われるため管内に腐食が起こる。腐食の結果、管内の鉄筋が見え始めていけば高リスク判断とされる。腐食が始まったばかりであれば、低リスクとして判定される。工法を考える上で、腐食が人孔間においてどの程度の長さで生じているかが重要である。この長さが人孔間の距離の10%程度である場合には部分的な工事でもよいが、30%程度の場合には更生又は更新工法によってリスクが取り除かれなければならない。

破損： 破損のある管におけるリスクを、高・中・低という3つの段階に分けるのは間違いである。なぜならば、破損が見られる管路は常に高リスクを意味しているからである。これもまた、破損している部分が人孔間のどのくらいの割合を占めているかで、工法が決まってくる。この割合が10%程度で小さい場合には、部分的な開削修繕工事により対処し、30%程度の場合には必ず人孔間で更新工事をするべきである。

縦方向のクラック（軸方向）： カメラ調査後に確認された軸方向クラックによるリスクのレベルは、人孔間での距離よりも管本体に対する割合に関係している。もしクラックが管の長さの半分以上にある場合には高リスクであり、半分未満の場合には中リスクといえる。工法を決める場合には、人孔間での距離を考慮すべきである。例えば、クラックの合計がスパン全体の10%程度の場合には部分的な開削をすればよいが、30%程度の場合には人孔間を更新せざるを得ない。

横方向のクラック（円周方向）： 円周方向クラックによる不具合のレベルでは、クラックの幅も重要な役割を持つ。クラックの幅が5mm以上の場合には高リスクであり、2mm以上～5mm未満の場合には中リスク、2mm未満の場合には低リスクであるといえる。また、円周方向のクラックの長さの、管径に対する割合にも注意する必要がある。管径の半分より長ければ高リスク、短ければ低リスクといえる。この場合の工法は、人孔間の円周方向にクラックがある管の合計距離に関する。スパン全体の10%程度の小さい規模の亀裂の場合には部分的な開削での修繕工事をし、30%程度の場合には人孔間を更新せざるを得ない。

扁平： 下水道に使用される管の径は、工事の計画立案段階で、人口と流量に配慮して決定される。しかし、いくつかの理由で、特にコリゲート管が扁平になる結果、管内を流れる水量が減ってしまう。扁平の程度が管の内径の1/2以上の場合には高リスクであり、1/2未満の場合には中リスクといえる。これを解決するには、部分的な修繕が出来ないため、人孔間を更新せざるを得ない。

コンクリート・岩・アスファルト： 下水道管内に侵入する固体は管の流水機能に影響を与えるため、清掃車により常に管内の手入れが行われている。しかし、様々な理由で管内に流れ込んだ大きな塊のコンクリート・岩・アスファルト等の異物は、通常の機械清掃では取り除くことができない。そして、これが管が機能しない原因となっている。管内の異物が内径の50%以上に達する場合には高リスクであり、内径の20%以上～50%未満の場合には中リスク、内径の20%未満の場合には低リスクとなる。このリスクをなくすためには、部分開削工法が用いられている。

接続部分の離れ： 下水道がつくられた後、様々な理由で接続部分が離れてしまうと、管内に地下水が浸入したり、管と舗装道路との間の充填物質が管内に入ったり、あるいは逆に、管内の排水が接続部分から外に漏れてビルの基礎部分に浸み出たり、などのリスク原因となる。この下水道管の接続部分の離れが5cm以上の場合には高リスク、0.5cm以上～5cm未満の場合に中リスク、0～0.5cm未満の場合には低リスクといえる。人孔間で、接続部分の離れがある管の数が、管の合計数の50%以上であればスパン入替で、50%未満であれば部分入替で更新を行っている。また、離れの幅が少ない場合には更生工法も考えられる。

勾配： 下水道管の勾配が逆であると、下水や雨水の流れに支障が起こる。この状態では管内に物がたまり、溢水の原因になる。人孔間の逆勾配の程度が管径の1/10未満であればリスクは無視できる。逆勾配が管径の1/10以上～1/2未満であれば中リスク、管径の1/2以上あれば高リスクレベルにあるといえる。このため、逆勾配が管径の1/10以上の時には、勾配が正しくなる距離まで更新工事をする必要があり。



### 4.3. 不良率

カメラ調査の映像から不良箇所の程度を明らかにする場合、調査基準が計測可能であることが重要である。リスクの原因として確定された基準を、程度により高、中、低という形でレベル化することで、不良率を数値化することが可能となった。

カメラ調査で映像を入手した後の評価は、人孔間のスパン単位で行った。更新工事も、これに従って行われる。人孔間の各管の評価を総合して、「スパン」の全体評価が算出されるのである。そして、スパンの持つ不良率のランク（A. B. C）によって、工事の優先程度が明らかにされる。（表 12）

表 12. 工事優先度表

工事優先度	判定基準	カテゴリー	更新や修繕の判定
A	不良率 $\geq 70\%$	緊急に更新工事を要する管きよ	管路全体の更新を検討する
B	$70\% > \text{不良率} \geq 30\%$	メンテナンスや修繕を要する管きよ	部分開削、更生工法などによる修繕工事を行う
C	$30\% > \text{不良率}$	モニタリングを要する管きよ	更新や修繕が必要になるまでモニタリングする

#### カメラ調査リスク分析レポート（図 1）の作成ステップ

- 2つの人孔間の管路（スパン）の清掃を行う。
- 管を一本ずつ撮影する。必要がある箇所では、細部調査も行う。
- 調査終了後、人孔間における管一本ずつについて、不具合が、どの基準に当てはまるかを特定する。（腐食、クラック、扁平など）
- この不具合の特定後、リスク基準（A. B. C）の合計により、管路全体として評価するための算出公式を用いて、そのスパンの不良率を出す。

KAMERA GÖRÜNTÜLEME RİSK ANALİZİ RAPORU

Sayfa: 1

Table with 2 columns: Category and Value. Includes fields like ILCE (BALÇOVA), MAHALLE (CETİN EMEÇ), CADDE / SOKAK (ÜNİVERSİTE), ÇAP(Ø) (300), BORU CİNSİ (BETON), TARİH (15.01.2018), MESAFE(M)/BORU SAYISI (44.81 / 30), G / Ç BACASI (B91 - B92).

Hakediş No: 1
İşin Adı: İzmir İli Balçova İlçesinde Bulunan Atıksu Şebeke Hatlarının Temizliği ve Görüntülenmesi
Yüklenici: Bulvar Yapı Ürün. İnş.San ve Tic. Ltd. Şti.

Main inspection table with columns for defect types (KOROZYON, KIRIK BORU, ÇATLAR, YASSILAŞMA, BETON-KAYA-ASFALT, BİRLEŞİMLERİNİN AYRILMASI, Eğim) and rows for distance (0-30m), showing counts for each category.

Risk analysis report (カメラ調査によるリスク分析レポート). Includes summary table (カメラ調査によるリスク分析レポート) with overall risk status (低 C), detailed defect tables (腐食, 剥離, 陥凹, 陥凹), and a risk matrix (リスク基準の合計) showing 1 A, 1 B, and 15 C risks, resulting in a 20.67% defect rate.

図 1. カメラ調査によるリスク分析レポート

それぞれの不具合を調べた場合、生じているリスクを排除するための工法が異なるように、かかる費用も異なるのがわかる。

人孔間でのカメラ調査の結果、評価は管一本ずつについて行わなければならない。ただし、リスクの排除に関しては、費用を考慮したうえで、リスクの程度によって対応すべきである。

不良率を算出するにあたっては、仙台市役所が用いている不良率算定式が適切と認められたため、同様の仕方で行った。

$$\text{不良率} = \frac{(1.0 \times \text{Aランクの本数}) + (0.7 \times \text{Bランクの本数}) + (0.3 \times \text{Cランクの本数})}{1 \text{ スパンにおける管きょ本数}} \times 100 (\%)$$

図 1 におけるカメラ調査リスク分析レポートをもとに、不良率の算出例を下記に示した。

$$\text{不良率} = \frac{((1 \times 1) + (0.7 \times 1) + (0.3 \times 15))}{30} \times 100 = 20.67$$

## 5. 最終リスク評価表

リスクの発生確率として、はじめは「敷設年」「水質汚染」「管の材質」のような項目を選択してリスク評価表（表 9）を作成した。しかし検討した結果、これらの情報が IZSU の GIS にデータ登録されておらず、特定も不可能なことから、カメラ調査の結果得られた不良率を発生確率として評価に用いることとし、影響項目ごとにリスク表（表 13, 14, 15, 16）を再度作成した。

これらの表では、カメラ調査の結果から得られた不良率を 30%未満 ( $n < 30$ )、30%以上-40%未満 ( $30 \leq n < 40$ )、40%以上-70%未満 ( $40 \leq n < 70$ )、70%以上-80%未満 ( $70 \leq n < 80$ )、80%以上 ( $n \geq 80$ ) に分類した。この結果は、下水道管路内のカメラ調査によって明らかにされた不具合の、その管路(スパン)に及ぼす影響を評価したものである。

プロジェクトの初期には、不良率が70%以上のスパンは高リスク（A）としようと考えたが、レポートの数が増えるにつれて、この割合を80%以上にすることにした。

現場からのデータが集積されると、この不具合の状態によって算出される不良率およびリスクレベルが、実際の状況をよく反映していることも確認された。

最終リスク評価を作成する時点で、発生確率として「不良率」を使用することを決定し、それぞれの影響項目ごとに再度色付けした。

表 13. 影響項目「管径」によるリスクマトリクス

管径 (mm)		発生確率				
		低い			高い	
		n<30	30≤n<40	40≤n<70	70≤n<80	n≥80
		E	D	C	B	A
Ø≤300	1					
300<Ø≤400	2					
400<Ø≤600	3					
600<Ø≤1000	4					
1000<Ø≤2400	5					

影響項目「管径」によるリスクマトリクスの作成では、それぞれのマスを次のような形で検討していった。例えば、下水道管の径が300mmであり、カメラ調査で得られた不良率（発生確率）が30%以上-40%未満(30≤n<40)である管のリスクレベルは、「なしと言えるくらい低い（灰色）」という評価である。一方、同じ不良率であっても、管径が600mm-1000mm(600<Ø≤1000)の管路のリスクレベルは「低い(黄色)」として評価した。

影響項目の影響の大きさレベルと不良率の値が大きければ大きいほどリスクも増える。

他の影響項目（海拔、道路の種類、人孔間距離）についても、同様のやり方でリスクマトリクスを作成した。（表 14-15-16）

表 14. 影響項目「海拔（管路の布設高）」によるリスクマトリクス

海拔 (m)		発生確率				
		低い			高い	
		n<30	30≤n<40	40≤n<70	70≤n<80	n≥80
		E	D	C	B	A
0≤ÇAK	1					
-1≤ÇAK<0	2					
-2≤ÇAK<-1	3					
-5≤ÇAK<-2	4					
ÇAK<-5	5					

表 15. 影響項目「交通量（道路の種類）」によるリスクマトリクス

道路の種類 i		発生確率				
		低い			高い	
		n<30	30≤n<40	40≤n<70	70≤n<80	n≥80
		E	D	C	B	A
脇道	1					
裏通り	2					
車道	3					
大(本)通り	4					
広い並木道	5					

表 16. 影響項目「人孔間距離」によるリスクマトリクス

人孔間距離(m)		発生確率				
		低い			高い	
		n<30	30≤n<40	40≤n<70	70≤n<80	n≥80
		E	D	C	B	A
BAU≤20	1					
20<BAU≤60	2					
60<BAU≤80	3					
80<BAU≤100	4					
BAU>100	5					

それぞれの影響項目についてマトリクスを色付けした後、最終リスク評価表（表17）を作成した。この最終リスク評価表を作成するにあたっては、影響項目の影響の大きさランクと不良率をリスクの大きさにより5段階で評価し、「5×5」のリスクマトリクスを使用した。

まず、4つの別々の影響項目において、リスクマトリクス上の同じマス目位置にある色を比較し、最大リスクの色をそのマス目の色とする方法がとられた。例えば、E-5のマス目は、「海拔の影響項目」マトリクスでは青(Mid)、他のマトリクスでは灰色(Lo)であり、最終マトリクスでは青色(Mid)と評価された。

次に、リスク順位を決定した。影響項目ごとのリスクランクの最も高い値と、カメラ調査の不良率から得た発生確率値が、マトリクス上で交わったところの値が管路のリスク順位となる。

最初、リスクレベルのグループ（なし、低、中、高）ごとに、それぞれのグループ内で影響項目と不良率に注意しながら順位付けを行った。その後、数が大きいほどリスクレベルも高くなる形で、マトリクスのマス目に1から25までのリスク順位を記入した。例えば、20番は21番よりも影響項目でのランクが大きく5であるが、不良率は20番の方がDと低い。このため、4-B(21)の方が5-D(20)よりもリスクレベルは高いという判断されたことになる。

結果として、IZSU で使用することに決定したリスク評価表を表17に示す。

表 17. リスク評価表

Etki 影響					Meydana Gelme Olasılığı 発生確率					
Maddeler 項目	Boru Çapı 管径	Trafik Yoğunluğu 交通量	Hattın Çıkış Akar Kotu 海拔	Bacalar Arası Uzunluk 人孔間距離						
Birim 単位	mm		m	m	Düşük 低				Yüksek 高	
					n<30	30≤n<40	40≤n<70	70≤n<80	n≥80	
					E	D	C	B	A	
Küçük 小	Ø≤300	Tali yol 脇道	0≤ÇAK	BAU≤20	1	1	2	5	13	15
	300<Ø≤400	Sokak 裏通り	-1≤ÇAK<0	20<BAU≤60	2	3	6	7	14	16
	400<Ø≤600	Çadde 車道	-2 ≤ ÇAK < -1	60<BAU≤80	3	4	8	12	17	18
	600<Ø≤1000	Ana Cadde 大(本)通り	-5 ≤ ÇAK < -2	80<BAU≤100	4	9	11	19	21	23
Büyük 大	1000<Ø≤2400	Bulvar 広い並木道	ÇAK < -5	BAU>100	5	10	20	22	24	25

対応行動表

Risk リスク	Faaliyet İçeriği 行動の内容
高 Hi	1年以内に改築-更新計画に組み込む
中 Mid	5年以内に改築-更新計画に組み込む
低 Lo	計画のためのカメラ調査を実施する(5年後)
なし No	苦情に注目する

このリスク評価表に関しては、今後2番目のパイロット地区でのリスク評価がされた後、その結果にもとづいて再度この評価表を見直すことが適当と考えられる。

次に、バルチョヴァ区の下水道管路のリスク値による管路距離を表18に示す。

表 18. リスク値による管路距離

リスク順位	スパン数	距離(m)	合計(m)
1	16	173	53,852
2	0	0	
3	1,194	43,626	
4	192	10,053	
5	0	0	11,949
6	87	3,032	
7	5	175	
8	25	1,130	
9	147	7,613	
10	12	1,422	3,280
11	4	197	
12	5	113	
13	1	8	
14	46	1,539	
15	4	49	14,463
16	98	3,732	
17	0	0	
18	81	4,145	
19	2	46	
20	0	0	
21	0	0	
22	0	0	
23	35	2,066	
24	0	0	
25	61	4,425	
<b>合計</b>	<b>2,015</b>	<b>83,544</b>	

## 6. パイロット地区の決定とデータ収集

イズミルにおける下水道の大部分は合流式下水道（汚水+雨水）であるため、下水管路内に雨水も入り込むことになり、降雨時にはコレクター管の収容量の最大限に達することになる。各区における下水管路は急勾配な地理条件のもとで集められながら、湾に沿って伸びている主要コレクター管に海拔がマイナスの地点でつながっている。主要コレクター管は緩勾配なため満管状態で機能しているのだが、それが、コレクター管につながっている地点付近の管路も満管となる原因になっている。そこで、浸水などが起こらないように、コレクター管から川に水を流すためのいくつかの水門が作られている。

プロジェクト開始前に取り交された覚書により（添付M/M 参照）、これらの特徴を持つ沿岸区の中から、人口密度や面積、IZSU の記録データが最新の状態であることなどの理由により、パイロット地区としてバルチョヴァ区が選ばれた。こうして、リスクのある管路が明らかになり、将来、それに応じた計画を立てて対策を講じることが可能になった。

バルチョヴァはイズミルの大都市部にある区の一つであり、面積が 28.9 km<sup>2</sup>、人口が 8 万人である。市の中心部から 8km 離れており、人々の居住地は海拔 0m から 70m までの地域にわたり、上下水道利用契約戸数は 34,200 戸である。また、下水道管の距離については、測量調査の結果を表 19 に示したとおりである。

表 19. バルチョヴァ区における管径別下水道管距離

バルチョヴァ区における管径別下水道管距離	
管径(mm)	距離(m)
150	171
300	76,991
400	5,446
500	8,749
600	483
800	4,887
1000	657
<b>合計</b>	<b>97,384</b>



バルチョヴァ区の下水道管路の最新状態を確定する必要がある、リスクの影響項目として用いる管径、管路出口の流水海拔などに用いる基準を完全なものにする目的で、「イズミル県バルチョヴァ区の中心市街とその周辺町内の既存汚水および雨水管路を特定する」事業が、費用 294,000 TL をかけて行われた。この測量によって、すべての汚水および雨水管について、管路出口の海拔、位置、人孔の場所、グレーチングの場所などが特定されることになった。

また、発生確率として用いる下水道管の不良率を算出するために、費用 1,246,464 TL をかけて「イズミル県バルチョヴァ区下水道管路の清掃およびカメラ調査作業」が行われた。このカメラ調査の結果得られた映像によって、リスク評価を推測ではなく具体的なデータにもとづいておこなうことができた。

これらの作業の結果、現場から得られたデータは GIS に記録された。(図 2)

ただし、今後リスク評価作業を他の地区で実施する場合には、既存の管路の特定のための測量とカメラ調査を包括する契約発注をすることで、より効率よく短期に成果が得られると考える。



図 2a

図 2b

図 2. IZSU GIS における下水道管データの構成

## 7. パイロット地区におけるリスク評価の実施およびリスクマップの作成

リスク評価表（表 17）によれば、影響項目ごとの影響ランクの最も高い値と、カメラ調査の不良率から得た発生確率値が、リスクマトリクス上で交わったところの数値が管路(スパン)のリスク順位となる。「5×5」のマトリクスそれぞれのマス目には、1 から 25 までのリスク順位を記入した。

バルチョヴァ区すべての下水道管路のリスク順位(管のリスク順位)は、影響項目と不良率によって作成された「リスク評価表」（表 17）にもとづいて確定され、GIS に登録された。(図 2) 例えば、管の影響項目によるリスクランクが 3 であり、不良率が 100%であれば、リスク評価表でこの 2 つがマトリクス上で交わる点にある「18 が管のリスク順位」となる。

「リスク評価表」（表 17）では、

リスク順位 1-4 灰色のマスでは	:	リスクなしといえるほどリスクは少ない
リスク順位 5-9 黄色のマスでは	:	リスクが低い
リスク順位 10-14 青色のマスでは	:	リスクは中程度
リスク順位 15-25 赤色のマスでは	:	リスクが高いことを示している。

改築-更新のための実際の活動内容を確定する場合には、このリスクレベルを考慮して行われる。

GIS には、図 2a で示した属性に加えて、図 2b のように影響項目ごとのリスクレベルや不良率、改築-更新情報についても登録された。

### リスクレベルについて :

管のリスク順位 : 影響項目ごとの影響ランク（1～5）とカメラ調査による不良率レベル（A～E）が、リスク評価表（表 17）上で交わったところが、その管路のリスク順位となる。

径による影響ランク : 直径についての情報による影響項目としてのリスクランク

海拔（管路の布設高）による影響ランク : 管出口の海拔についての情報による影響項目としてのリスクランク

距離による影響ランク：人孔間の(スパン)距離についての情報による影響項目としてのリスクランク

道路種類による影響ランク：管路の敷設されている道路の種類についての情報による影響項目としてのリスクランク

影響項目ランクの最大値：径、海拔、距離、道路種類の4つの影響項目のランクのうちで、最も大きいリスクランク

不良率：カメラ映像により算出された不良率

不良率レベル：不良率により明らかにされるリスクレベル。

仮想不良率：カメラ映像を得ることが不可能な管路の推定上の不良率

下水道管路に登録されている属性情報により、影響項目のリスクランクが算出表記されると同時に、(4つの影響項目のうち)の最大値も自動的に記入される。

また、GISのシステムの機能として、リスク評価表において影響項目のリスクランクと発生確率がマトリクス上で交差した地点のリスク順位を指定箇所に表記するというも行われている。

#### 改築-更新情報について：

- 計画年：下水道管路(スパン)の改築または更新工事の実施を計画している年次
- 実施年：改築または更新工事が実施された年次
- 事業追跡番号：改築または更新工事の入札登録番号。この番号によって、事業名、請負業者、費用に関する情報が、プロジェクト追跡システムから検索できる
- 改築-更新工法：改築または更新工事で採用した工法

既存の下水道管路が、GISのデータベースにある「管のリスク」基準によって色付けされ、図3のように、バルチョヴァ区のリスクマップが作成された。

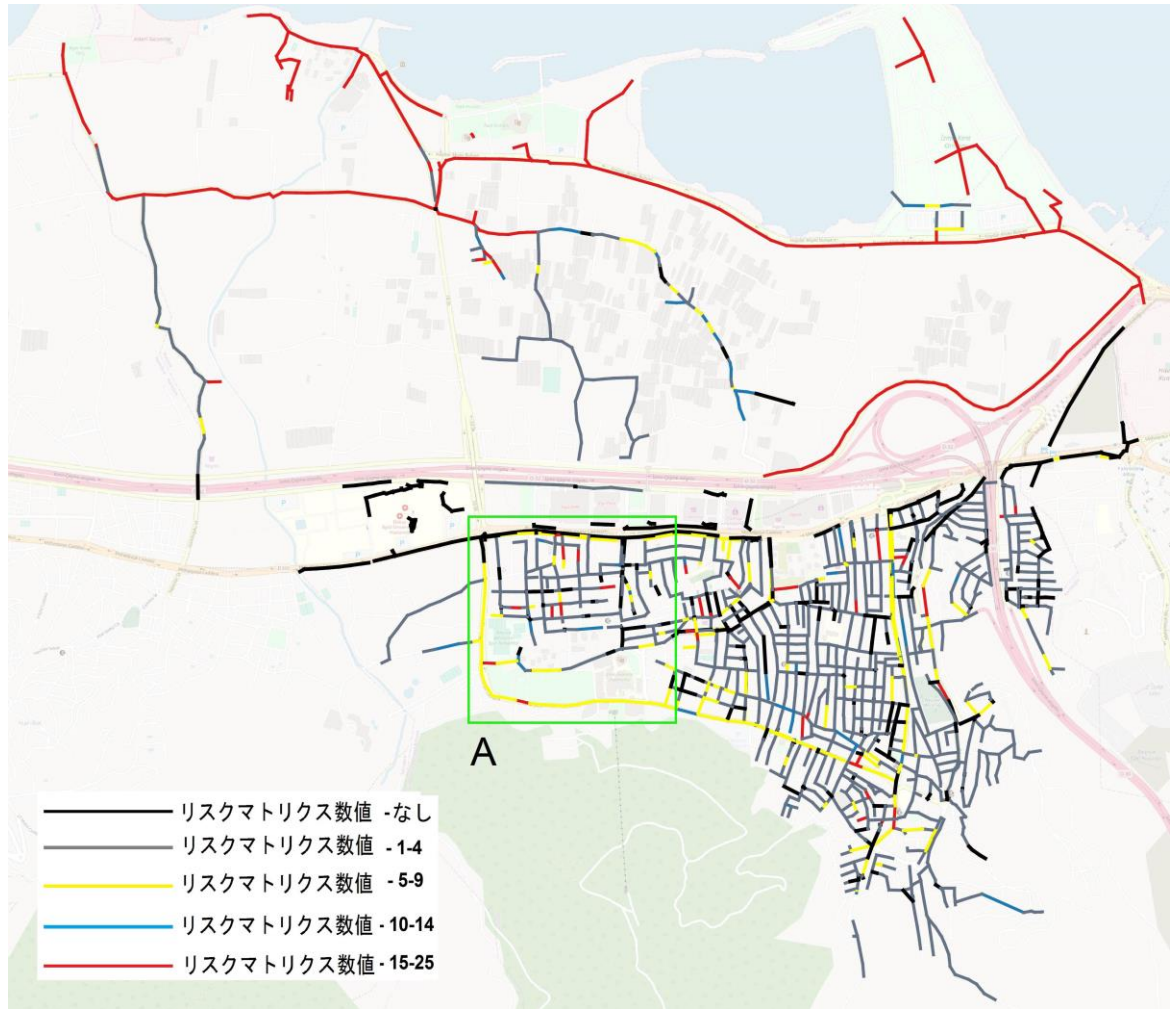


図 3. バルチョヴァ区のリスクマップ (概観図)



図 4. A地区の拡大図 (図 3 より)

表 20 に、バルチョヴァ区のリスクマップによる、管路のリスクレベルとその距離を示した。なお、表 3 に黒色で示された管路は、この計画書作成段階でデータは入手されたものの、カメラ調査の結果のリスク分析レポートがまだ完成していないために、GISに入力されていない合計 13840m を示すものである。

表 20. 管路のリスクレベルとその距離

マトリクスの色別での管路分析 (分析結果の出ていないものを含む)					
マトリクス数値	マトリクス色	距離 (m)	距離割合 (%)	スパン数	スパン数割合 (%)
1-4	黒	53,852	55	1,402	58
5-9	黄	11,949	12	264	11
10-14	青	3,280	3	68	3
15-25	赤	14,463	16	281	11
数値未登録	黒	13,840	14	413	17
	合計	97,384	100	2,428	100

表 21. 管路のリスクレベルごとの距離（管径および材質別）

バルチョヴァ区におけるマトリクス判定の明らかな管路の リスクレベルごとの距離とスパン数（管径および材質別）				
径	材質	本数	距離(m)	距離合計(m)
150	BB	1	54	53,852
	PVC	1	51	
300	-	9	433	
	BB	1,050	39,498	
	ECBB	108	4,343	
	HDPE	86	3,266	
400	BB	97	4,027	
	HDPE	1	20	
500	BB	41	1,895	
600	BB	8	264	
150	BB	1	38	11,949
300	BB	162	6,956	
	ECBB	11	647	
	HDPE	21	1,149	
400	BB	29	1,231	
500	BB	29	1,440	
600	BB	3	163	
1000	BB	8	323	
300	BB	40	2,058	3,280
	HDPE	26	1,068	
500	BB	1	100	
1000	BB	1	53	
300	BB	143	6,706	14,463
	ECBB	7	356	
	HDPE	8	329	
400	BB	1	42	
500	BB	43	2,082	
500	HDPE	1	9	
600	BB	1	55	
800	HDPE	77	4,884	
合計		2,015	83,544	

表 21 は、バルチョヴァ区における管路のリスクレベルごとの距離を、管径および材質別の統計とともに表したものである。

## 8. 結果：改築-更新計画

IZSU では、リスク管理に基づき、どのスパンから優先的に進めるべきか決定する目的で、この改築-更新計画を作成した。

## 8.1. 改築-更新計画の作成

### 8.1.1. 対応方法の選択

対応方法を選択するにあたっては、下水道管路のカメラ映像、管の材質、道路の種類が重要な要因である。リスクの高い下水道管における最も適切な対応として、次の5つの方法を用いることが決定された。

それぞれの方法の意味は次のとおりである。

1. 「開削工法一部分入替」：下水道管の部分的な破損や、破損に伴って生じた陥没、あるいは管内に石や岩、アスファルト片、コンクリート状に固まった異物などがある場合に、その部分を開削して改築を行う。
2. 「開削工法一スパン入替」：下水道管の勾配に問題がある場合やスパン全体に及ぶ陥没や破損がある場合には、スパン全体を開削して改築を行う。
3. 「更生工法一部分更生」：クラックや接続部分の離れが部分的であった場合には、その下水道管の一部分だけを更生工法により改築を行う。(IZSUとして、現時点では、この工法を選択することは適切だと考えられていないが、将来的には使用される可能性がある。)
4. 「更生工法一スパン更生」：スパン全体で下水道管の腐食が激しく、かつ勾配に問題がない場合には、スパン全体で更生工法により改築を行う。
5. 「プロジェクト」：工事が保守管理の範囲内で実施できないため、改築-更新計画とは別に、適切な解決手段を見つけるためにプロジェクトとして計画立案する。

改築または更新計画を立てる場合、最も重要なことはカメラ調査をすることである。カメラ映像により得られるデータから、それぞれの管一本ずつの不具合の種類や割合を明らかにすることで、工法も決まってくる。どのような方法を実施するかは、管のリスクとカメラ調査の映像によって決定される。例えば、管の勾配に問題がなく重大な破損もない場合には更生工法を選択し、破損や陥没、あるいは逆勾配のある管路では、開削工法で更新する方法がとられる理由となる。

開削か更生工法かを決定する前に、カメラ調査後にはスパンが特定される。下水道管のスパンで見ると、その一部にだけ陥没や破損が見つかることもあるし、一つのスパンで複数の問題が生じていることもある。部分的な不具合については、スパン全体ではなく部分的な開削工法の方が、コストも時間も節減することができる。しかし、部分的な対応では問題解決ができない場合には、スパン単位で更生または開削工法によって改築-更新を行うことが必要である。パイロット地区であるバルチョヴァでは、管路のリスクマトリクス値により優先度が決まり、改築-更新の方法はカメラ映像によって決まったといえる。

バルチョヴァ区の下水道管路は、ムスタファケマル沿岸道路に敷設されている主要コレクター管につながっている。現状では主要コレクター管の容量は十分とはいいがたく、これに接続しているすべての管路も満管状況に近づいている。主要コレクター管につながっていて、汚水で満管のためにカメラ映像が入手できない管路の不良率については、実際値の確定が不可能であったので想定上の不良率を設定した。

管路の実際のリスク順位を確定するためには、ムスタファケマル沿岸道路に沿った主要コレクター管をきちんと機能させ、これに接続している径の大きい管路の流量を減らす必要がある。その後、これらの管内のカメラ調査を実施してリスク評価をすることが可能となる。

### 8.1.2. 改築-更新計画案の作成と予算策定

まず、リスク評価の結果が高リスクである下水道管路に対して、どの工法を用いるかが明らかにされたら、投資計画手続きにそって、優先順位に従い実際の工事をどれにするかが決められる。

改築-更新工事の費用が明らかにされ、計画期間の予算が確定された後は、この予算で実施される施工時期が決められる。この施工時期は、5年間のどの年次に改築-更新工事を行うかという計画を示すものである。

## 8.2. 計画期間および全体費用

### 8.2.1. 行動対応フローチャートの作成

予算と計画の策定では、改築-更新工事に優先順位を付けなければならない。改築-更新活動の流れを明瞭化するために、行動対応フローチャートを作成し、図5に示した。



行動対応フローチャートでは、

既存の下水道管路の最新状況を確定するために行われる、現場での測量調査の結果は、(X, Y, Z)座標値として GIS に入力される。その後、管路内のカメラ調査を行い、算出された不良率も GIS に登録される。地図情報と不良率が明らかになった結果として、下水道管のリスクレベルが確定するのである。

カメラによる映像撮影時に、カメラの進行を妨げるような問題が生じた場合、部分的な対応により解決できるのであれば即刻工事をする必要がある。この工事は、その時点で点検修理契約がある場合には、その範囲内で行う。あるいは、自分たち組織内の人材や資機材でできる工事とする。問題が解決した後には、再びカメラ調査を継続する。

管のリスク評価の結果、全くリスクがない(灰色)場合には、苦情に注目しながら様子を見る。リスクがあっても低いレベル(黄色)であれば、5年以内にカメラ調査計画を立てる目的でモニタリングを続ける。リスクが低くなく中程度(青色)であれば、5年以内に対応するために、改築-更新計画に組み込む。そして、リスクが高い(赤色)場合には、緊急対応として1年以内に改築-更新計画に組み込み、適切な方法で工事を行う。

工事の結果、新しくなった管の情報は GIS において更新され、20年間にわたって様子を見ることとする。ある下水道管路に関して、どのリスクレベルも確定できない場合には、データ不足による問題があるとみなして、再度 GIS における情報をチェックし完全なものにする。

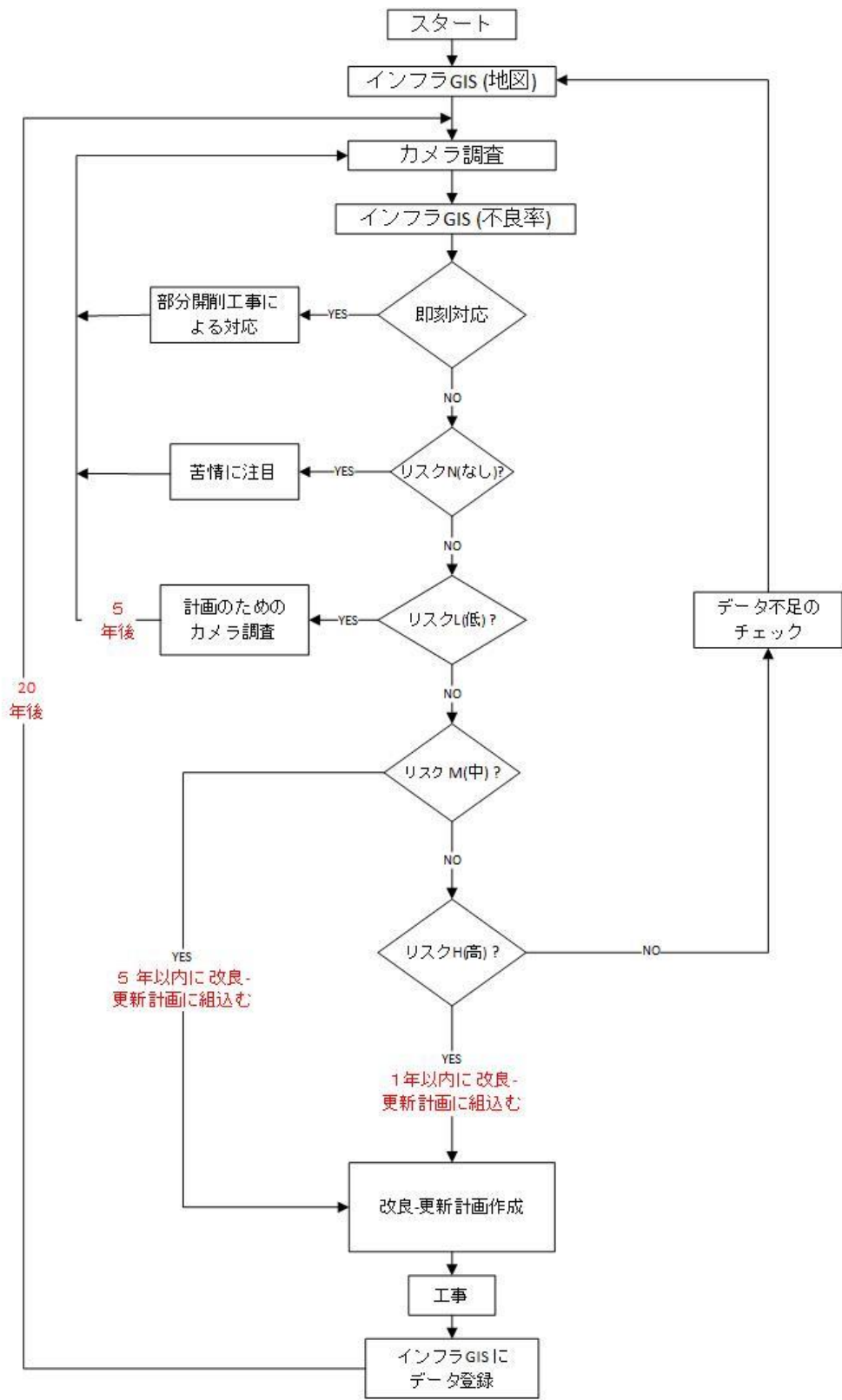


図 5. 行動対応フローチャート

### 8.2.2. 計画期間

プロジェクトの成果であるリスクマップにもとづき、高リスクをもつ下水道管は1年以内に、中程度のリスクのある管については5年以内に、改築-更新工事計画を作成する。また、低リスクの管についても、注視を続ける。改築-更新工事計画は、2019年～2023年の間の5年間を対象にする。

### 8.2.3. 全体的な費用

計画期間における改築-更新工事の予算額は、1,371,560 TL(表 23, 24)である。これは、工法や施工量などにより、2018年の公共事業単価(表 22)に基づいて算出したものである。

表 22. 2018 年単価分析表

No	管の材質	径 (mm)	単価(TL/m)
開削-スパン入替工法の単価			
1	ECBB-BB	300	307
2	ECBB-BB	400	434
3	ECBB-BB	500	505
4	ECBB-BB	600	566
5	ECBB-BB	800	822
6	ECBB-BB	1000	1054
7	HDPE	300	332
8	HDPE	400	468
9	HDPE	500	529
開削-部分入替工法の単価			
10	ECBB-BB	300	269
11	ECBB-BB	500	378
12	HDPE	300	495
更生-スパン更生工法の単価			
13	ECBB-BB	300	459

改築-更新工事をする管路では、距離と深さによって、開削か更生工法にするか確定した後は、その費用が算出される。入手済みのデータで、開削の深さや距離などの情報が明確でない場合には、費用は概算で出されることになる。ただ、この費用算出でもまた、開削か更生工法かによって単価が決められる。入札過程で単価を決定する際、計算に使用される開削、埋立て、資材などに関する単価は、もし国や組織（国鉄、県銀行、国家水利局など）が作成している単価分析手引きがあればそれを用い、なければ特別に作成された分析方法により決定される。

### 8.3. 年別施工計画

#### 8.3.1. 年別施工計画地域の確定に関する基準

リスクマトリクスにより作成された管のリスク順位が GIS に登録され、リスク順位が上位の管については、優先的に改築-更新工事を実施することになった。ただし、この値が同じものについては、当該下水道管への苦情の内容、数、連絡期日などを考慮に入れて決定することとした。

下水道管の改築-更新工法は、管のカメラ映像、管の材質、道路の種類や深さによって決められ、この情報は GIS に登録された。（図 2）

#### 8.3.2. 年別施工マップ

年別施工マップ（図 6～図 11）は、GIS にある“計画年”データに従い、改築-更新工法別に作成されている。

改築-更新工法を選択する場合には、その管路のカメラ映像が重要な役割を担う。この映像から、不具合の理由となっている基準（腐食、クラックなど）の詳細について調査が行われる。その後、管の材質、管路が敷設されている道路の種類、深さによって、工法が決定される。

施工計画年を決定する場合には、管路のリスク順位が重要な役割を担う。リスク順位が上位にあるものは（15-25）1年以内に、中程度のものは（10-14）5年以内に工事を行うべく、計画が立案されることになる。

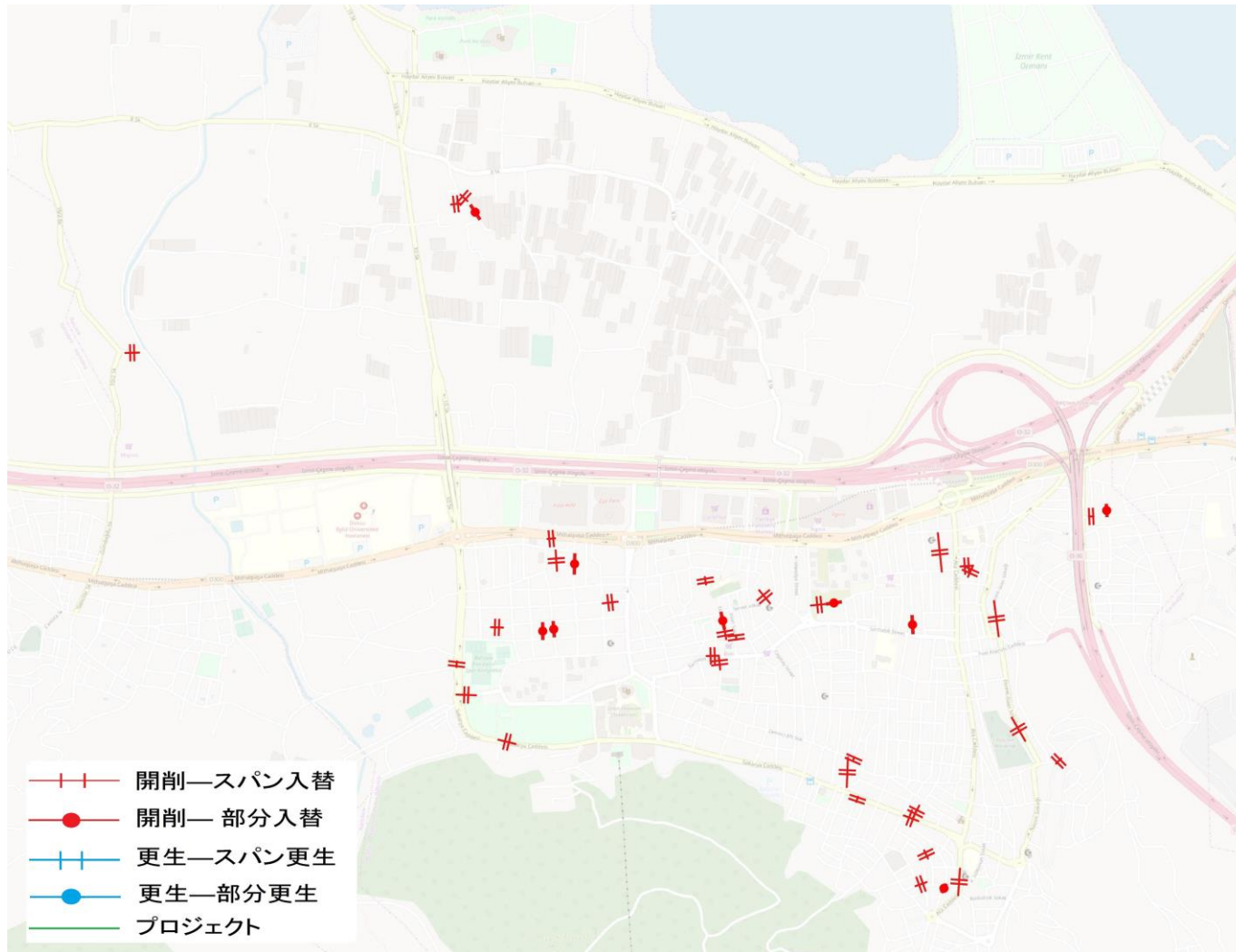


図 6. 2019 年の施工マップ



図 7. 2020 年の施工マップ

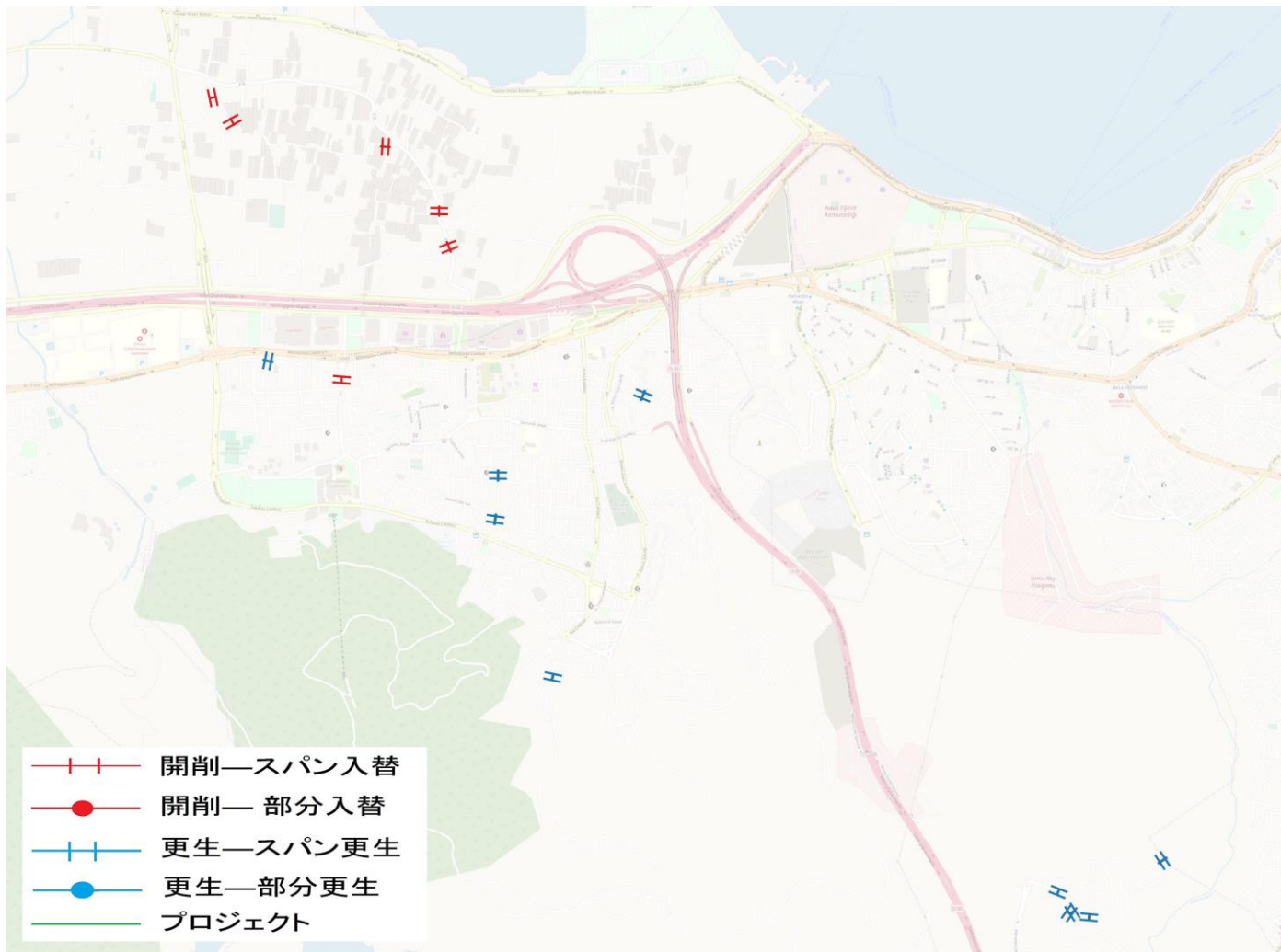


図 8. 2021 年の施工マップ



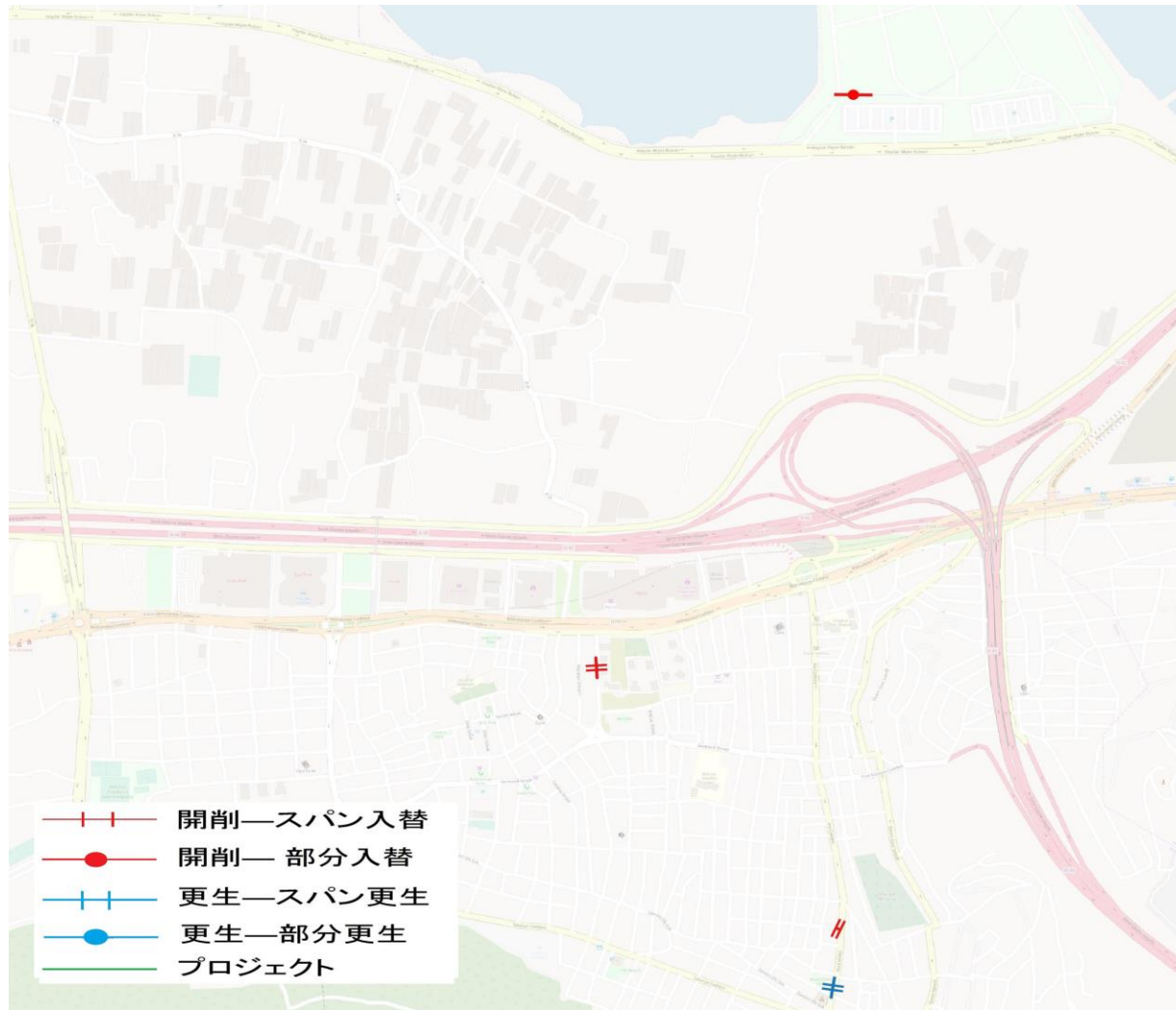


図 9. 2022 年の施工マップ





図 10. 2023 年の施工マップ

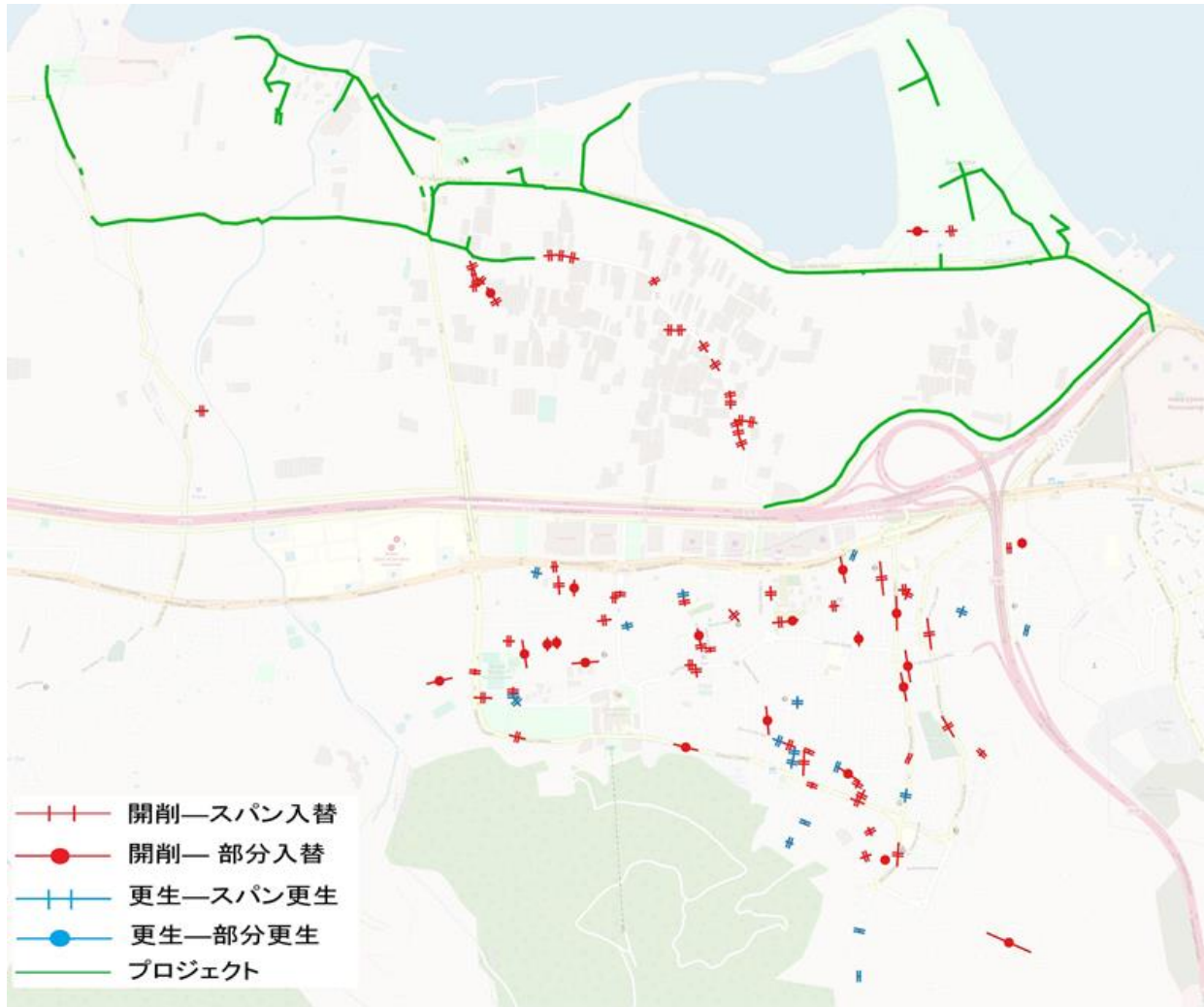


図 11. 2019年～2023年の施工マップ

### 8.3.3. 年別施工量

管路のリスクレベルごとの距離は、表 18、20、21 に示したとおりである。これらの表でリスク順位が 10～25 である管(青と赤色)について、工法別に年別の施工計画を立てることとした。

表 23. 年別施工量

改築-更新方法	計画年	径(mm)	材質	スパン数	施工計画距離(m)	管路距離(m)	2018年の単価(TL)	費用合計(TL)
*開削-スパン入替	2019	300	BB	7	105	342	269	28,245
	2019	300	ECBB	1	15	45	269	4,035
	2019	300	HDPE	1	15	35	495	7,425
	2022	300	HDPE	1	15	84	495	7,425
	2023	300	BB	11	165	1322	269	44,385
	2023	500	BB	1	15	100	378	5,670
開削-スパン入替	2019	300	BB	20	1059	1059	307	325,153
	2019	300	ECBB	3	180	180	307	55,267
	2019	300	HDPE	7	294	294	332	97,565
	2019	400	BB	1	42	42	434	18,439
	2019	500	BB	1	62	62	505	31,310
	2019	600	BB	1	55	55	566	31,130
	2020	300	BB	1	26	26	307	8,030
	2020	300	HDPE	19	774	774	332	256,888
	2021	300	HDPE	6	211	211	332	69,905
	2022	300	BB	1	9	9	307	2,827
2022	1000	BB	1	53	53	1,054	56,157	
更生-スパン更生	2020	300	BB	16	368	368	459	168,756
	2021	300	BB	10	282	282	459	129,429
	2022	300	BB	1	51	51	459	23,519
プロジェクト	2020	300	BB	116	5305	5305		
	2020	300	ECBB	3	131	131		
	2020	500	BB	42	2020	2020		
	2020	500	HDPE	1	9	9		
	2020	800	HDPE	77	4884	4884		
<b>Toplam:</b>				349	16,145	17,742		1,371,560
* 開削-部分入替工法では、1つのスパンにつき最大15mの開削を行うことに決定したため、距離(m)はスパン数×15mとして計算されている。								
管のタイプ(材質): BB (コンクリート管), ECBB (ゴム輪付きコンクリート管), HDPE (ポリエチレンパイプ)								

小数点以下(非表示)の端数処理により、計算値が合わない所がある。

パイロット地区の改築-更新工事計画において、GISに記載されている管径および工法をもとに年別に距離を出し、その距離と単価をかけて費用の合計額を算出したものが表 23 である。

ただし、開削-部分入替工法では、1つのスパンにつき最大 15m の距離で開削を行うことを決定したため、対象となる実際の管路の長さとは別に、工事距離(m)がスパン数×15m として計算されている。

また、表 23 では、別のプロジェクトとして、主要コレクター管の施工距離 12,349m も 2020 年の計画として明らかにされている。

なお、改築-更新工事後に得られたデータ（管径、不良率）が GIS に入力された時点で、下水道管路のリスク順位が自動的に更新されることになる。管路の新たなリスクレベルにより、施工マップも更新される。

#### 8.3.4. 年別施工費用

改築-更新工事を行う管路の距離と深さ、工法が明らかになった後、2018 年の単価にもとづいて概算で費用を出した。この施工費用を、年別に表 24 に示した。

表 24. 年別施工費用

年	2019	2020	2021	2022	2023	合計
費用(TL)	598,569	433,674	199,334	89,928	50,055	1,371,560

施工計画に従い、表 25 に、リスク順位に基づいた年別施工量を示した。なお、この表には、表 23 で明らかにした別のプロジェクトでの施工距離 12,349m は含まれていない。

表 25. リスク順位に基づいた年別施工量

開始年	リスクレベル	*施工計画距離 (m)	管路距離(m)	スパン数
2019	H(他の工法)	1,692	1,692	33
	H(開削-部分入替)	135	422	9
	M(他の工法)	0	0	0
	M(開削-部分入替)	0	0	0
	L	0	0	0
	N	0	0	0
	<b>合計</b>	<b>1,827</b>	<b>2,114</b>	<b>42</b>
2020	H(他の工法)	0	0	0
	H(開削-部分入替)	0	0	0
	M(他の工法)	1,168	1,168	36
	M(開削-部分入替)	0	0	0
	L	0	0	0
	N	0	0	0
	<b>合計</b>	<b>1,168</b>	<b>1,168</b>	<b>36</b>
2021	H(他の工法)	0	0	0
	H(開削-部分入替)	0	0	0
	M(他の工法)	493	493	16
	M(開削-部分入替)	0	0	0
	L	0	0	0
	N	0	0	0
	<b>合計</b>	<b>493</b>	<b>493</b>	<b>16</b>
2022	H(他の工法)	0	0	0
	H(開削-部分入替)	0	0	0
	M(他の工法)	114	114	3
	M(開削-部分入替)	15	84	1
	L	0	0	0
	N	0	0	0
	<b>合計</b>	<b>129</b>	<b>198</b>	<b>4</b>
2023	H(他の工法)	0	0	0
	H(開削-部分入替)	0	0	0
	M(他の工法)	0	0	0
	M(開削-部分入替)	180	1,422	12
	L	0	0	0
	N	0	0	0
	<b>合計</b>	<b>180</b>	<b>1,422</b>	<b>12</b>
合計	H	1,827	2,114	42
	M	1,970	3,281	68
	L	0	0	0
	N	0	0	0
	<b>合計</b>	<b>3,797</b>	<b>5,395</b>	<b>110</b>

\* 開削-部分入替工法では、1つのスパンにつき最大15mの開削を行うことに決定したため、距離(m)はスパン数×15mとして計算されている。

## 8.4. 計画実施の評価と公表の方法

### 8.4.1. 計画実施の評価方法

改築-更新計画で目標とされた工事の実施率は、毎年、その年の終わりに GIS でのデータ（計画年と実施年）によって明らかにされる。得られた結果は、下水道事業部から IZSU 年間活動としてグラフや表として報告され、目標の達成状況が評価されることになる。

### 8.4.2. 計画実施状況の公表方法

改築更新計画の結果は、IZSU が毎年実施したサービスや投資について説明している「IZSU 活動報告」に記載される。この IZSU 活動報告は、年ごとに IZSU のホームページにて公表される。