第２０１４-０６号

下水道施設におけるプロダクトデータモデルの構築及び3次元CADデータの効率的な利活用ー本格的な維持管理時代到来における情報共有に向けてー

日本下水道事業団　東日本設計センター　土木設計課
主査　辻　幸志

平成２７年１１月

助成研究者紹介

つじ　こうじ
辻　幸志
現職：日本下水道事業団　東日本設計センター土木設計課（工学博士）
（前・技術戦略部新技術推進課）

共同研究者紹介

ふくだ　やすお
福田　康雄
現職：日本下水道事業団　技術戦略技術基準課課長代理

とがし　としふみ
富樫　俊文
現職：日本下水道事業団　情報システム室室長

目次

1. はじめに 1
1.1. 研究の背景と目的 1
1.2. 本報告書の構成 1
2. 下水道施設の特徴 3
2.1. 下水道とは 3
2.2. 管路施設 4
(1)管路施設の種類 4
(2)管渠の材質 4
(3)管路施設の布設 5
(4)管渠の基礎 5
(5)マンホール 6
(6)ます 7
2.3. ポンプ場施設 8
(1)ポンプ場の種類 8
(2)ポンプ場施設の構成要素 9
2.4. 処理場施設 10
(1)処理フロー 10
(2)全国の水処理方式別処理場数 11
(3)全国の主な汚泥処理方式別の処理場数 12
(4)処理場施設の構成要素 12
3. BIM/CIM について 13
3.1. 概念 13
3.2. ソフトウェア 14
3.3. IFC 15
3.4. BIM ガイドライン 16
3.5. LOD（モデルの詳細度） 17
3.6. COBie 22
4. 下水道のマネジメント 23
4.1. 概要 23
4.2. JS 標準 WBS によるプロジェクトマネジメント 23
4.3. 設備管理台帳によるストックマネジメント 29
4.4. BIM/CIM の位置づけ 31
5. 概念データモデル 33
5.1. 肱北浄化センターの施設・設備構成 33

5.2.　3 次元モデル化 35
(1)3 次元モデル化の手順 35
(2) 3 次元モデル 36
5.3.　空間要素の概念データモデル 40
5.4.　物理要素の概念データモデル 43
(1)土木施設の物理要素の概念データモデル 43
(2)機械設備施設の物理要素の概念データモデル 44
(3)電気設備施設の物理要素の概念データモデル 47
6.　プロダクトデータモデル 50
6.1.　IFC の構造 50
(1)空間要素 51
(2)物理要素 52
6.2.　エンティティ 56
(1)空間要素 56
(2)物理要素 57
6.3.　プロパティセット 60
7.　維持管理へのデータハンドオーバー 65
7.1.　概要 65
7.2.　ifcxml ファイル 65
7.3.　中間ＲＤＢ 66
7.4.　設備管理台帳ＲＤＢ 67
7.5.　データマッピング 69
8.　まとめ 71
参考文献 72

1. はじめに

1.1. 研究の背景と目的

下水道施設は，処理場施設，ポンプ場施設，管路施設などにより構成されている．それらのストックは，処理場施設が約 2,200 箇所，ポンプ場施設が約 3,600 箇所，管路施設が約 45 万 km と膨大なものであり，適切かつ効率的な運営・管理が喫緊の課題となっている．

日本下水道事業団（以下，ＪＳ）では，これら課題の解決のため処理場施設とポンプ場施設への BIM/CIM 導入に取り組んでいる．

これら施設は，工種が多岐にわたることから施工が複雑になることが多い．また，機械・電気設備の構成割合が高いことから維持管理に手間がかり，さらに耐用年数が短いことから改築・更新の必要性も高い．したがって，BIM/CIM 導入の効果が大きい施設といえる．

一方，処理場施設の運営・管理のためには設備管理台帳が必須であるが，そのデータベース化率は 40%程度に過ぎない．また，点検・調査履歴等の維持管理情報が入力されている設備管理台帳は 30%程度にとどまっている．

このように設備管理台帳は有効活用されているとは言いがたい状況にあり，その原因の一つが，維持管理初期データ作成プロセスにある．設備管理台帳に登録するために完成図書からデータを抽出・加工することになるが，多くの費用と時間を要するプロセスとなっている．

BIM/CIM のデータを効率的に利活用するにはプロダクトデータモデルが必須であるが，下水道施設のプロダクトデータモデルはまだ構築されていない状況にある．

そこで，ＪＳがプロジェクトマネジメントのためのツールとして開発・運用しているＪＳ標準 WBS を活用し，プロダクトデータモデルを構築する．なお，WBS(Work Breakdown Structure)とは，プロジェクトに必要な作業を漏れなく重複なく抽出しマネジメントしやすいように構造化したものであり，ＪＳ標準ＷＢＳは，そのテンプレートである．

また，効率的なデータハンドオーバーの実現のためにプロダクトデータモデルの構成要素の一つであるプロパティセットを設備管理台帳に連携するしくみを提案する．

1.2. 本報告書の構成

本報告書は全 8 章で構成した．

第 1 章では，研究の背景と目的について述べる．

第 2 章では，代表的な下水道施設である管路施設，ポンプ場施設，処理場施設の特徴について述べる．

第 3 章では，BIM/CIM の概要について述べる．

第 4 章では，下水道のマネジメントについて，プロジェクトマネジメント，ストックマネジメントの観点から述べる．また，平成 26 年 7 月に公表された「新下水道ビジョン」と BIM/CIM の関係についても述べる．

第 5 章では，本研究の対象とした処理場施設の施設・設備概要と 3 次元モデル化につい

て述べる．次に，これを踏まえた空間要素，物理要素の概念データモデルについて，最下位レベルまで設定する．

第 6 章では，IFC の構造について，IDEF1X 手法により標記した ER 図により述べる．次に，プロダクトモデルの構成要素であるエンティティとプロパティセットについて述べる．

第 7 章では，維持管理へのデータハンドオーバー，主に ifcxml ファイルと設備管理台帳 RDB との効率的な連携方法について述べる．

第 8 章では，まとめと今後の展望を述べる．

本報告書の構成を図 1.1 に示す．

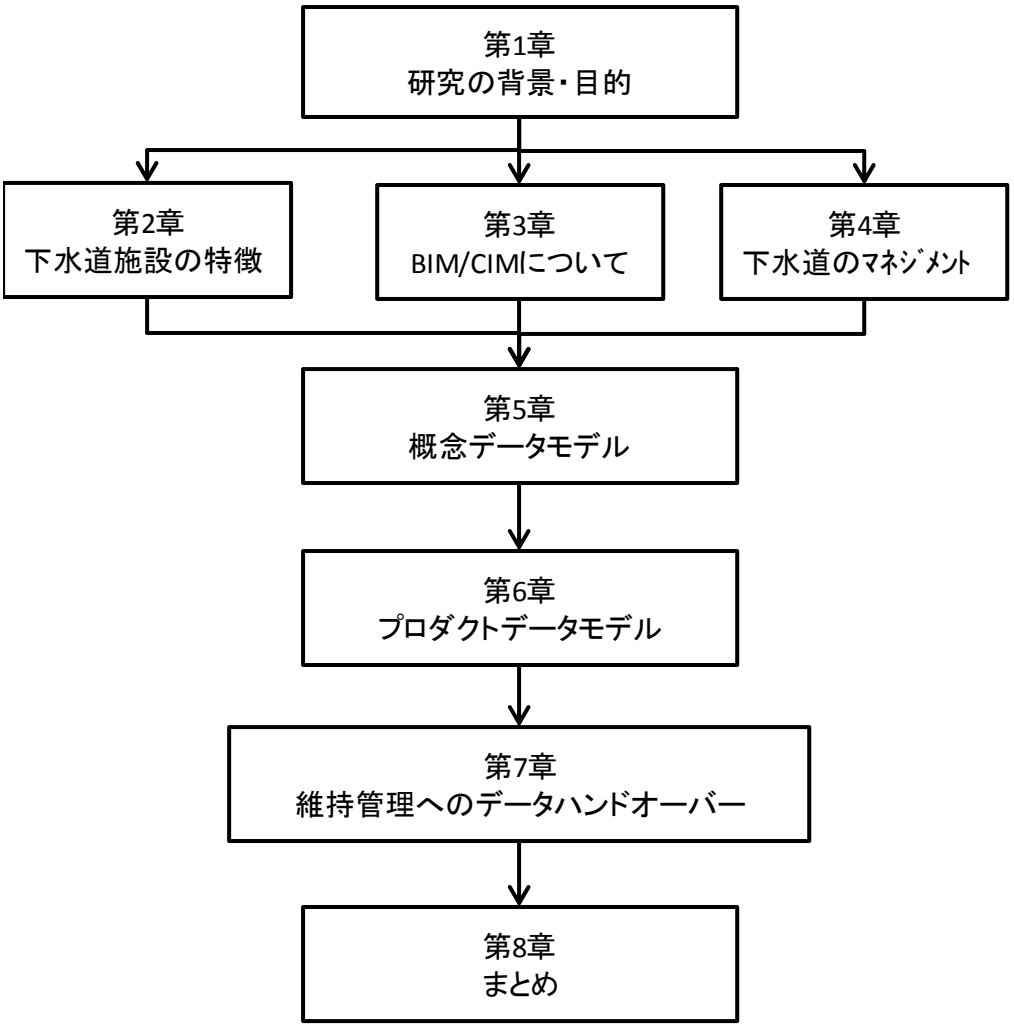


図 1.1　本研究の構成

2.　下水道施設の特徴

2.1.　下水道とは

下水道は，図 2.1 のように「下水を排除するために設けられる排水管，排水渠その他の排水施設（かんがい排水施設を除く.），これに接続して下水を処理するために設けられる処理施設（屎尿浄化槽を除く.）又はこれらの施設を補完するために設けられるポンプ施設，貯留施設その他の施設の総体をいう」と定義されている（下水道法第 2 条第 2 号）.

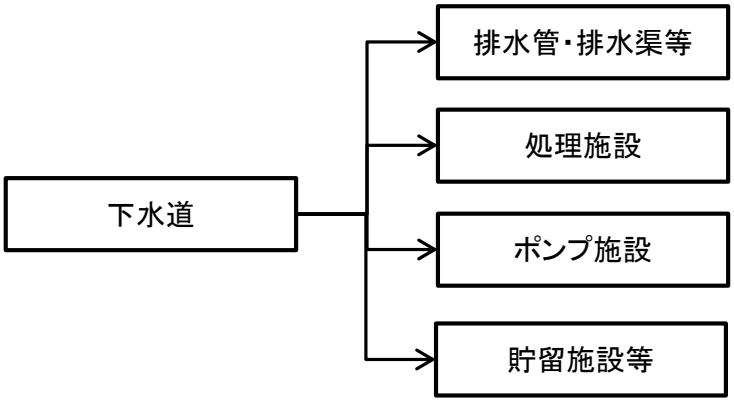


図 2.1　下水道の定義(下水道法)

また，下水道法上の下水道以外にも汚水を処理する施設としては，農業集落排水施設，合併処理浄化槽，コミュニティ・プラント等がある.

以下，下水道施設の構成要素である管路施設（排水管・排水渠等に相当），処理場・ポンプ場施設について，プロダクトデータモデル構築の観点から述べる.

2.2.　管路施設

管路施設は，管渠，マンホール，雨水吐，吐口，ます，取付管等の総称である．平成24年度末の管渠総延長は約454千kmとなっている．マンホール数は，管渠延長30～50mに1基設置されることから10百万個以上と推定でき，膨大なストックとなっている．

(1)管路施設の種類

管路施設の種類は，下水の排除方式から，図2.2のように分類される．

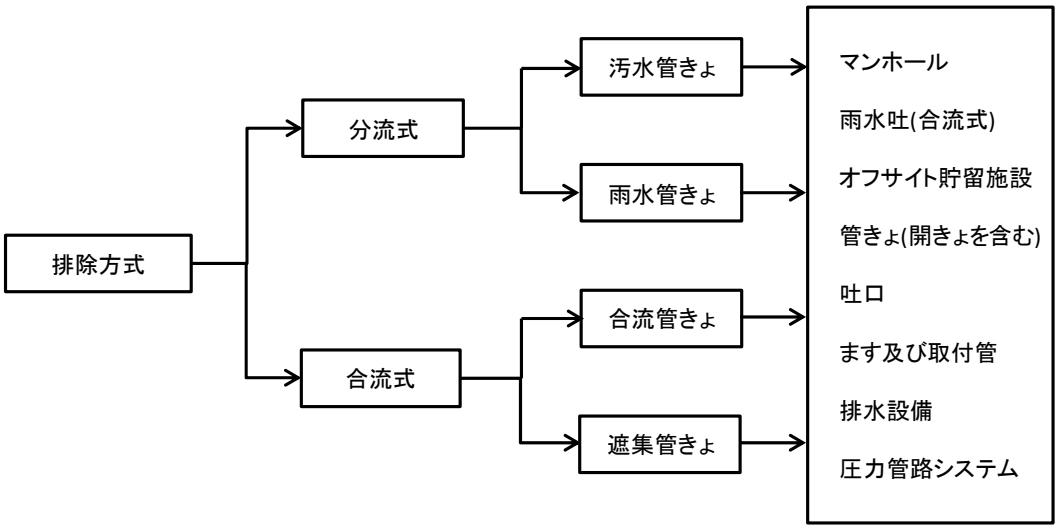


図 2.2　管路施設の種類

(2)管渠の材質

管渠の材質（管種）は，一般に表2.1のものを使用する．

表 2.1　管種

	管種
(1)	鉄筋コンクリート管
(2)	現場打ち鉄筋コンクリート管きょ
(3)	シールド工法で使用するセグメント
(4)	既製く(矩)形きょ
(5)	硬質塩化ビニル管
(6)	強化プラスチック複合刊管
(7)	レジンコンクリート管
(8)	ポリエチレン管
(9)	ダクタイル鋳鉄管
(10)	鋼管

(3)管路施設の布設

管路施設は一般に公道内に布設されるが，その布設状況は図 2.3 のようになる．

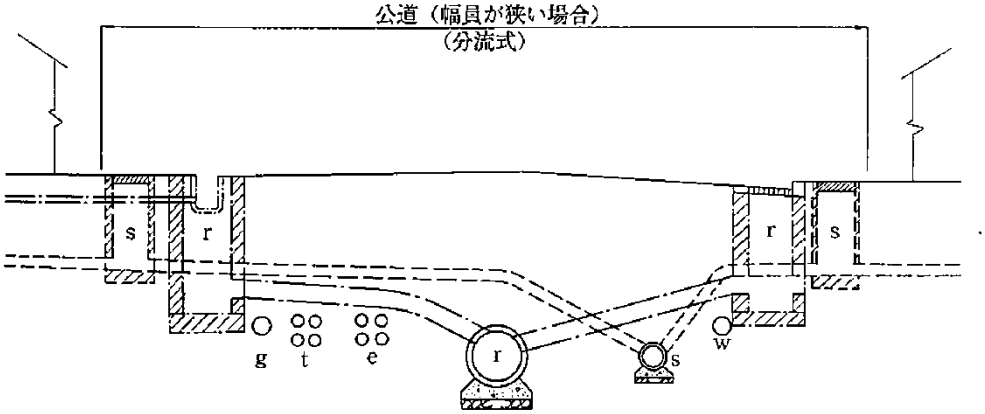


図 2.3　管路施設の布設例

(4)管渠の基礎

管渠の不同沈下や破損の防止のため管種と地盤により表 2.2 のような基礎が用いられる．

表 2.2　管渠の基礎

管種＼地盤		硬質土及び普通土	軟弱土	極軟弱土
剛性管	鉄筋コンクリート管 レジンコンクリート管	砂基礎 砕石基礎 コンクリート基礎	砂基礎 砕石基礎 はしご胴木基礎 コンクリート基礎	はしご胴木基礎 鳥居基礎 鉄筋コンクリート基礎
可とう性管	硬質塩化ビニル管 ポリエチレン管	砂基礎	砂基礎 ベットシート基礎 ソイルセメント基礎	ベットシート基礎 ソイルセメント基礎 はしご胴木基礎 布基礎
	強化プラスティック複合管	砂基礎 砕石基礎		
	ダクタイル鋳鉄管 鋼管	砂基礎	砂基礎	砂基礎 はしご胴木基礎 布基礎

(5)マンホール

マンホールは，維持管理上の必要箇所，方向又は勾配が著しく変化する箇所，会合する箇所等に必要に応じて設けるものであり，その構造は図 2.4 のようになる．

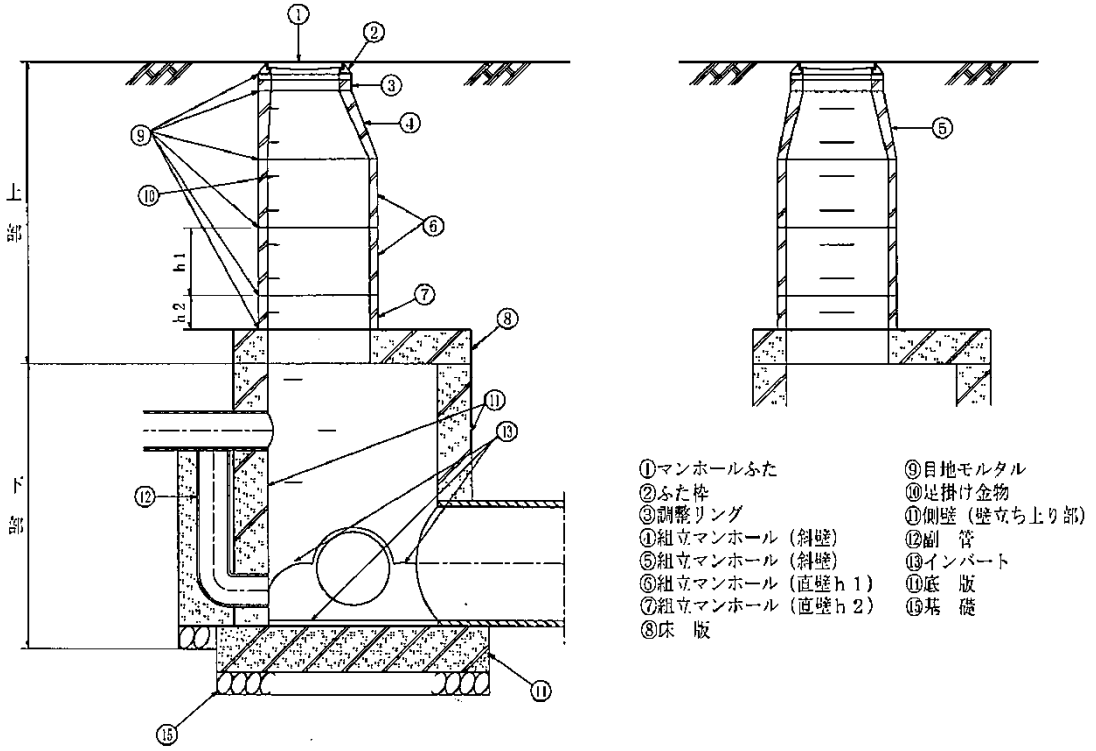


図 2.4　マンホール構造の例

(6)ます

ますには，汚水ますと雨水ますがあり，図 2.5 のように取付管により汚水管，雨水管に接続する．

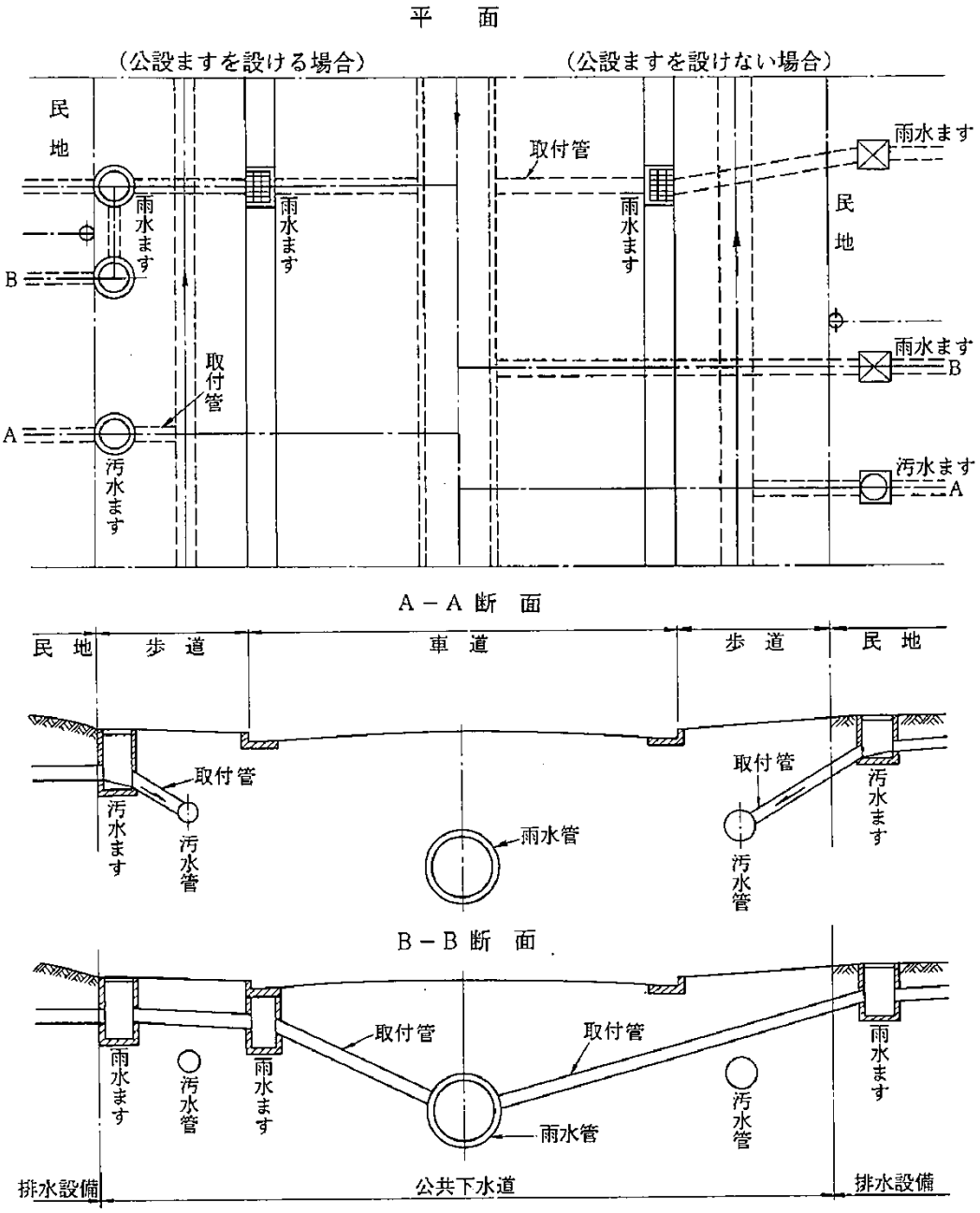


図 2.5　管渠，取付管，ますの例

（2.2 章の出所：公益社団法人日本下水道協会　下水道施設計画・設計指針と解説　前編—2009 年版—　第 2 章管路施設）

2.3.　ポンプ場施設

ポンプ場は，自然勾配で下水を流下させると管渠の埋設深さが著しくなる場合，雨水を公共用水域に自然流下で放流できない場合，又は処理場で自然流下によって処理あるいは放流できない場合に設けられる揚水施設である．

(1)ポンプ場の種類

ポンプ場の種類は，排除方式及び用途から図 2.6 のように分類される．

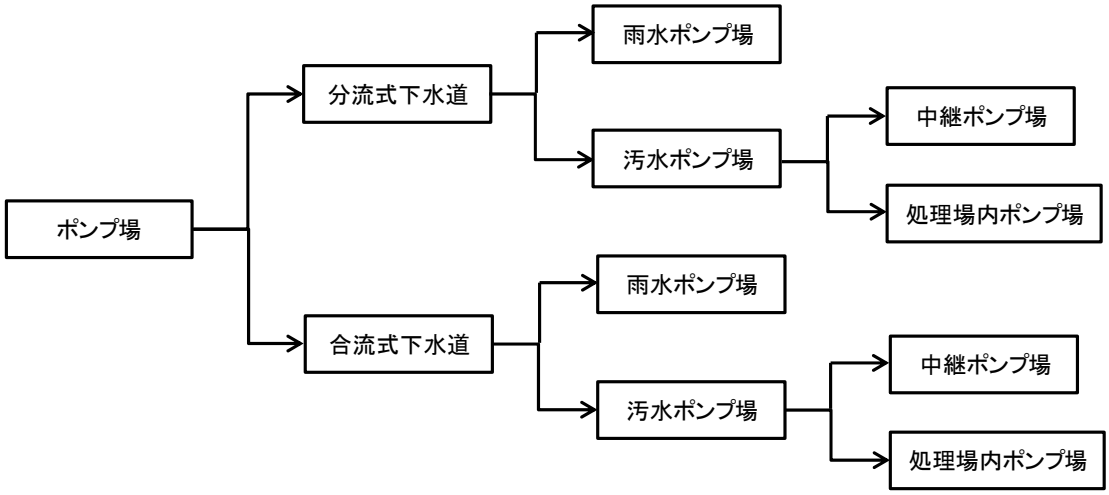


図 2.6　ポンプ場の種類

(2)ポンプ場施設の構成要素

ポンプ場の構成要素は，図 2.7 のように，流入渠，沈砂池，ポンプ井，放流管渠等の土木構造物，沈砂池室，ポンプ室，電気室，監視室等の建築物，ゲート設備，沈砂池設備，ポンプ設備等の機械設備，受電設備，制御設備，監視設備等の電気設備である．

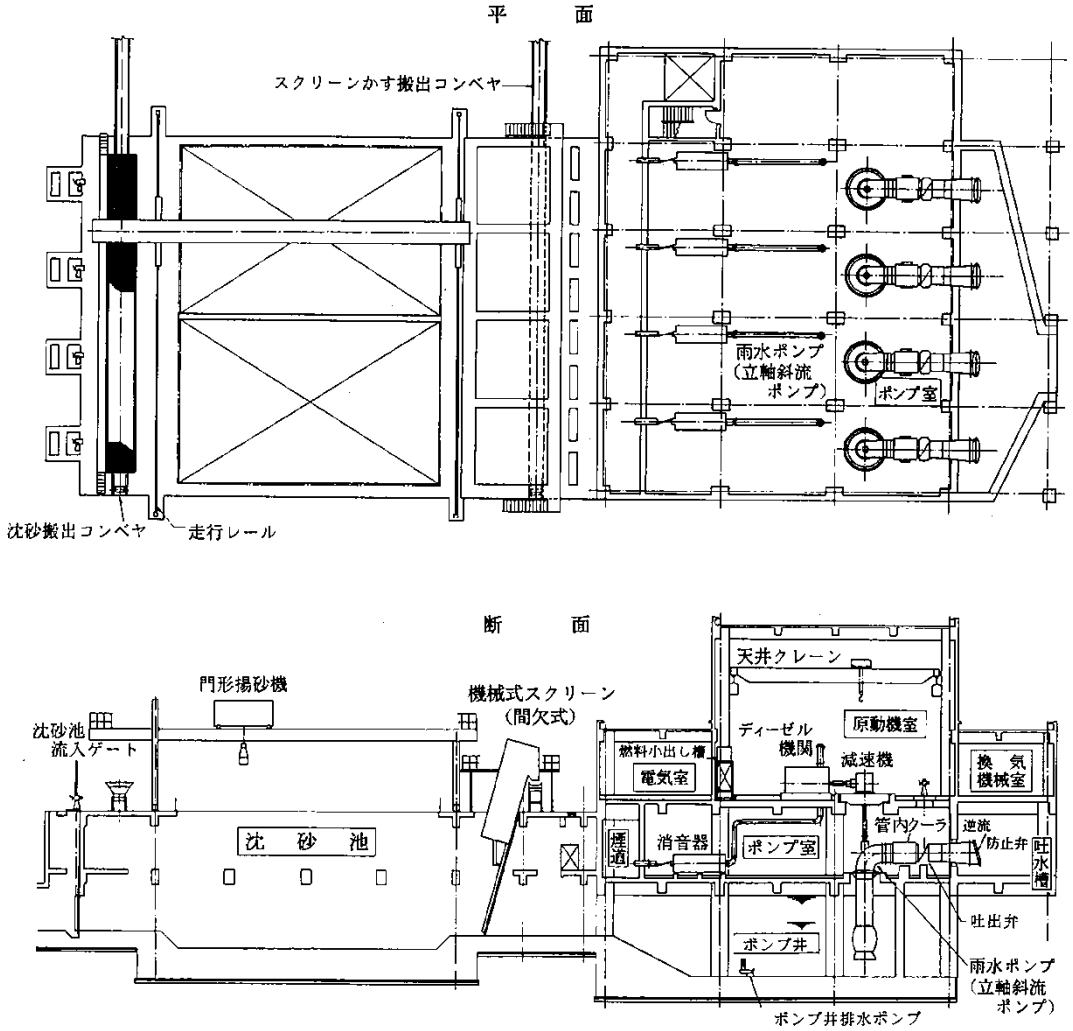


図 2.7　ポンプ場の構成要素の例

（2.3 章の出所：公益社団法人日本下水道協会　下水道施設計画・設計指針と解説　前編—2009 年版—　第 3 章ポンプ場施設）

2.4. 処理場施設

処理場は，管路施設により集められた汚水を水と汚泥に分離し，水は放流可能なまでに浄化（水処理），汚泥は処分可能なまでに安定化及び減量化（汚泥処理）を行うための施設である．

(1)処理フロー

水処理と汚泥処理の代表的なフローは図 2.8 のとおりである．

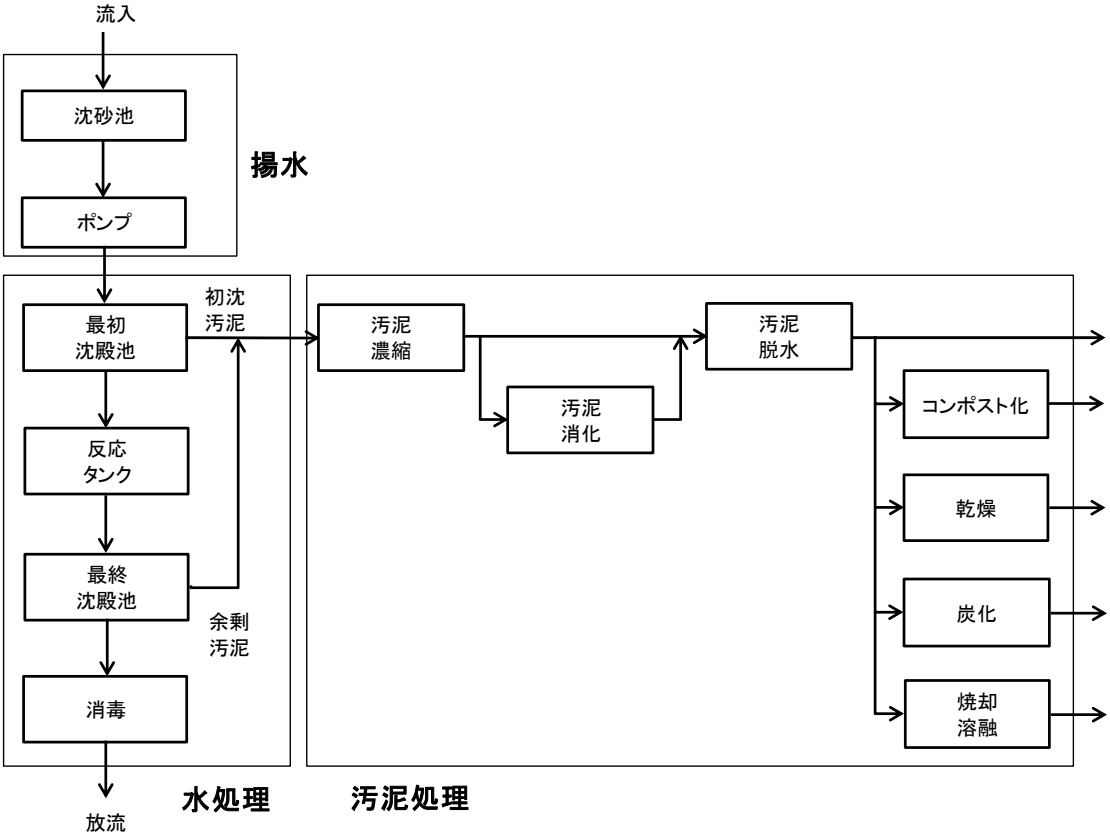


図 2.8　水処理・汚泥処理の代表的なフロー

処理場施設に流入した下水は，沈砂池で砂やしさ（ゴミ）を除去しポンプにより水処理施設に送水される．水処理施設では，まず比較的比重の大きい汚泥が最初沈殿池で沈殿分離される．沈殿分離された汚泥（初沈汚泥）はポンプにより汚泥処理施設に送泥される．最初沈殿池から流出した下水は，反応タンクにおいて最終沈殿池からの返送汚泥及び空気とともに撹拌されることで生物処理される．反応タンクから流出した汚泥は最終沈殿池で沈殿分離される．沈殿分離された汚泥（余剰汚泥）はポンプにより汚泥処理施設に送泥される．処理水（上澄み液）は，塩素混和池で消毒され公共用水域等に放流される．

汚泥処理施設では，濃縮槽による減量化，消化タンクによる減量化及び安定化を経て，脱水機により処分可能な状態まで含水率を下げる．さらなる減量化を図る場合は焼却等を行い，場外に搬出する．

(2)全国の水処理方式別処理場数

平成 24 年度末時点で水処理を行っている処理場は 2,141 箇所，水処理を行わず汚泥処理及び有効利用施設のみの処理場は 22 箇所で，総処理場数は 2,163 箇所となっている．

水処理方式別の処理場数は，表 2.3 のとおりである．（出所：公益社団法人日本下水道協会　平成 24 年度版下水道統計　p.87　表 3.11）

表 2.3　水処理方式別処理場数

処理方式 ＼ 計画晴天時日最大処理水量（千m³/日）		5未満	5～10	10～50	50～100	100～500	500以上	計
一次	沈殿法	－	－	1	－	－	－	1
二次処理	嫌気無酸素好気法	－	4	12	8	18	－	42
	循環式硝化脱窒法	4	5	14	3	8	－	34
	硝化内生脱窒法	2	2	－	－	－	－	4
	ステップ流入式多段硝化脱窒法	1	1	17	7	10	－	36
	嫌気好気活性汚泥法	12	－	6	4	12	1	35
	標準活性汚泥法	42	65	318	110	102	11	648
	長時間エアレーション法	41	6	1	－	－	－	48
	酸素活性汚泥法	2	2	3	3	1	－	11
	ステップエアレーション法	－	－	1	3	2	－	6
	回分式活性汚泥法	66	4	2	－	－	－	72
	好気性ろ床法	29	1	－	－	－	－	30
	嫌気好気ろ床法	41	1	－	－	－	－	42
	高速散水ろ床法	－	1	2	－	－	－	3
	接触酸化法	10	－	－	－	－	－	10
	回転生物接触法	10	4	1	1	－	－	16
	土壌被覆型礫間接触法	32	－	－	－	－	－	32
	高度処理オキシデーションディッチ法	44	8	3	－	－	－	55
	オキシデーションディッチ法	856	92	26	－	－	－	974
	その他処理方法	22	4	9	1	6	－	42
計		1,214	200	416	140	159	12	2,141

このうち，標準活性汚泥法が 648 箇所と全体の約 30%，オキシデーションディッチ法が 974 箇所と全体の約 45%を占めている．また，標準活性汚泥法では，1 万 m3/日以上 10 万 m3/日未満が 428 箇所（約 66%），オキシデーションディッチ法では，1 万 m3/日未満が 948 箇所（約 97%）となっていることから，中規模処理場は標準活性汚泥法，小規模処理場はオキシデーションディッチ法と 2 極に分化しているといえる．

(3)全国の主な汚泥処理方式別の処理場数

主な汚泥処理方式別の処理場数は，表 2.4 のとおりである．（出所：公益社団法人日本下水道協会　平成 24 年度版下水道統計　p.90　表 3.15）

表 2.4　主な汚泥処理方式処理場数

主な汚泥処理方式	処理場数	主な汚泥処理方式	処理場数
濃縮+薬品添加+機械脱水	846	濃縮+薬品添加+脱水車	41
薬品添加+機械脱水	314	機械脱水	25
濃縮	188	濃縮+消化+薬品添加+機械脱水+焼却	22
濃縮+消化+薬品添加+機械脱水	187		
濃縮+薬品添加+機械脱水+焼却	76	その他	220
濃縮+脱水車	57	計	1,976

濃縮＋薬品添加＋機械脱水が最も多く 846 箇所と全体の約 43%となっている．また，プロセス毎にみると濃縮を有する処理場数は 1417 箇所（約 72%），機械脱水を有する処理場数は 1470 箇所（約 74%）となっている．

(4)処理場施設の構成要素

処理場施設の主な構成要素は，流入渠，沈砂池，ポンプ井，最初沈殿池，反応タンク，最終沈殿池，塩素混和池，管廊，重力濃縮槽，消化タンク，汚泥貯留槽等の土木構造物，ポンプ棟，管理棟，汚泥処理棟等の建築構造物，空調・換気設備，給排水・衛生設備，照明設備等の建築付帯設備，ゲート，ポンプ，汚泥かき寄せ機，送風機，散気装置，汚泥脱水機等の機械設備，変圧器盤，発電機，コントロールセンタ，現場盤，流量計等の電気設備，ダクト・配管・ケーブルラック類である．

処理場施設は，このように土木構造物，建築構造物，機械設備，電気設備の集合体となっている．一般の土木構造物に比べて形状が複雑であり，工種間の取り合いや干渉も多い．また，長期間にわたり段階的に建設する，設備の耐用年数は土木の 1/3 程度，設備メンテナンスの比重が高いなどの特徴がある．

3. BIM/CIM について

3.1. 概念

BIM（Building information modeling）／CIM(Construction Information Modeling)とは，構造物を形状だけでなく，性能，コスト，スケジュールなどの様々な属性を含んだオブジェクトの集合体としてコンピュータ上で表現しようとする取組みのことである．コンピュータ上に作成した 3 次元の構造物（3 次元モデル）に属性データを付与することにより，構造物のライフサイクル（設計，施工，維持管理）全般での情報の有効活用を目指すものである．

世界的には 2007 年にアメリカ GSA(連邦調達局)が BIM(IFC)による納品を要求したことから普及し始め，日本においては 2009 年が BIM 元年と呼ばれている．CIM は主に建築分野を対象としている BIM を土木分野に適用しようという日本独自の活動であり 2012 年に始まった．

CIM 技術検討会平成 25 年度報告書では，CIM は以下のように紹介されている．

「CIM とは，調査・設計段階から三次元モデルを導入し，施工，維持管理の各段階での三次元モデルに連携・発展させることにより，設計段階での様々な検討を可能とするとともに，一連の建設生産システムの効率化を図るものである．三次元モデルは，各段階で追加，充実化され維持管理段階での効率的な活用を図る．

CIM は，Construction Information Modeling の略称であり，建設構造物に各種の情報を追加したモデルを作成し効率化を目指す取り組みである．最近では，単なるモデル化だけでなく，こうした技術を用いたマネジメント（Construction Information Management）として捉えられることも多い．

公共事業の計画から調査・設計，施工，維持管理，更新に至る一連の過程において，ICT を駆使して，設計・施工・協議・維持管理等に係る各情報の一元化及び業務改善による一層の効果・効率向上を図り，公共事業の安全，品質確保や環境性能の向上，トータルコストの縮減を目的とする．

一連の過程を一体的に捉え，関連情報の統合・融合により，その全体を改善し，新しい建設管理システムを構築するとともに，建設産業に従事する技術者のモチベーション，充実感の向上に資することも期待する．」

下水道施設においては，BIM と CIM を区別して考える必要性はないと思われるが，ソフトウェアとの適合からいえば，ポンプ場施設・処理場施設は BIM，管路施設は CIM に近いといえる．

3.2.　ソフトウェア

本研究は，下水道施設のうち，処理場施設・ポンプ場施設を研究対象とした．これら施設に特化した独自のソフトウェアを開発することは現実的ではないので，市販されているBIM ソフトウェアをいかに使いこなすかが重要となってくる．

処理場施設・ポンプ場施設の場合，1 つのソフトウェアだけではなく，目的に応じて複数のソフトウェアを使い分ける必要がある．

目的とソフトウェアの関係は図 3.1 のとおりである．なお，各種解析ソフトや数量計算ソフトとの連携については，対象外としている．

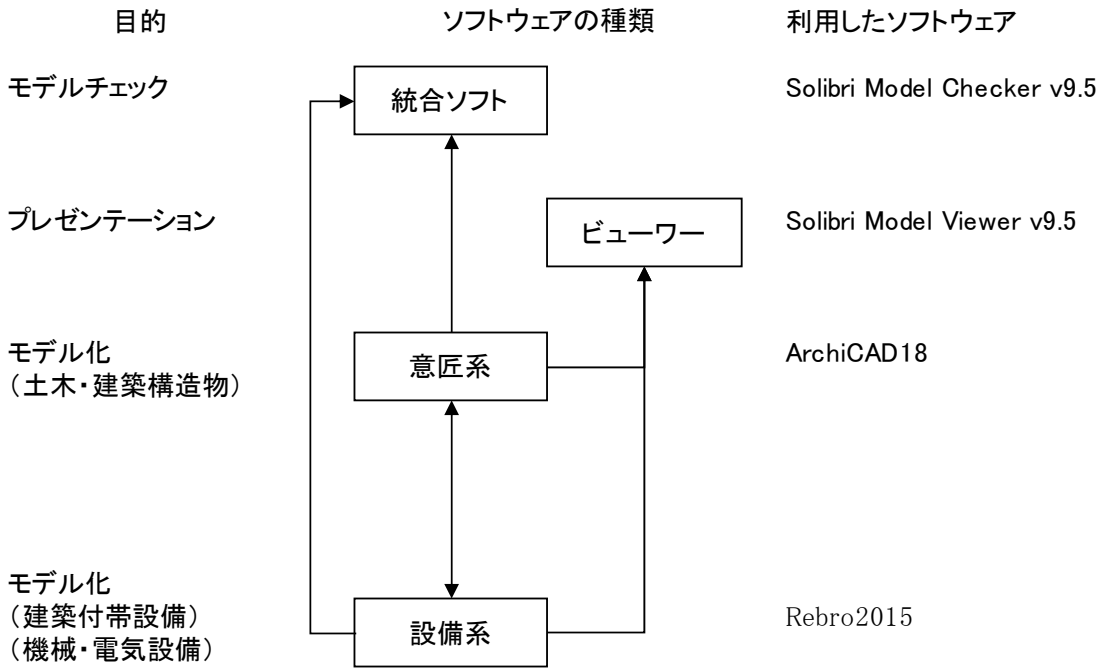


図 3.1　ソフトウェアの構成

意匠系ソフトウェアは本来建築構造物向けのものであるが，土木構造物への適用も可能である．蓋，防食塗装，越流堰板などの下水道特有の付帯構造物については LOD 等に留意が必要になる．

設備系ソフトウェアは本来建築付帯設備向けのものであるが，プラント機械，プラント電気設備への適用も可能である．汚泥かき寄せ機，散気装置等の下水道特有の機器については当面は都度作成する必要がある．その際，LOD 等に留意が必要になる．

各ソフトウェア間のデータ交換は IFC が一般的であるので，IFC でデータ交換可能な範囲を見極めることが必要になる．

3.3. IFC

IFC（Industry Foundation Classes）とは，IAI（buildingSMART)により定められたBIM データの国際標準ファイル形式である．

IAI は，建物のライフサイクルを通して，利用するソフトウェア間で，有効な相互運用を可能にするための標準化の作成を目的として 1995 年に設立された国際的な非営利団体であり，北欧，北米，日本等世界 14 の支部から構成されている．

IFC は，1997 年 1 月に IFC Release 1.0 が発行された後，順次改訂を重ね 2005 年 12 月に IFC 2x3 が発行された．これが現在の BIM ソフトウェアに実装されている．さらに 2013 年 3 月 21 日には IFC4　Final が ISO 16739 として IS 化されている．

IFC が定義している主な情報は以下のとおりである．

- プロジェクト関連情報
- 空間構造（敷地・建物・階・部屋・ゾーン）
- 建築要素（壁・ドア・窓・屋根・階段…）
- 設備要素（空調・電気・衛生機器・搬送…）
- 構造要素（基礎・鉄骨・鉄筋・解析モデル…）
- 数量情報（長さ・面積・体積…）
- 材質情報（仕上げ・層情報･･･）
- 幾何情報（2D・3D・ソリッドモデル…）
- 4D・5D 情報（タスク・スケジュール・コスト・リソース）
- Actors（人間，組織，住所…）
- 指示書（設計変更，購入指示，移動…）
- 資産台帳，在庫
- 保守履歴・配置管理
- 注記情報（通り芯・2D シンボル…）
- 分類コード(DIN, BS, JIS 等のコードを格納)
- 外部ライブラリ・文書（URL, URI）

3.4. BIM ガイドライン

各国で作成されている BIM ガイドラインには，以下のようなものがある．

- NY City Department of Design Construction: BIM Guidelines
- Building and Construction Authority: Singapore BIM Guide Version 2
- BIM Forum: Level of Development Specification Version: 2013 for Building Information Models
- Netherlands: Rgd BIM Standard
- Finland ：COBIM v.1　Common BIM Requirements　2012
- US: National BIM Standard - United States™ Version 2
- The Pennsylvania State University: Building Information Modeling Project Execution Planning Guide
- 国土交通省:官庁営繕事業における BIM モデルの作成及び利用に関するガイドライン

3.5. LOD（モデルの詳細度）

プロジェクトの初期段階から詳細なモデルを作成することは意味がないので，段階や目的に応じたモデル詳細度とする必要がある．

ＢＩＭガイドラインでは，モデルの詳細度はＬＯＤ（Level of Development /Level of Details）として体系化されている．

例えば，ニューヨーク市の BIM ガイドラインでは，LOD100，200，300，400，500 の５段階としており，表 3.1 のように Design Phase(Pre-Schematic，Schematic，Design Development，Construction Documents，Services During Construction)と対応付けている．

表 3.1　LOD と Design Phase の対応

Design Phase	Building Information Model
Pre-Schematic (LOD 100)	Existing Condition Model
	Site Analysis
	Space Program
	Design Authoring - Volumetric Model
	Zoning and Orientation
Schematic (LOD 200)	Design Authoring - Preliminary Model
	Sustainability (LEED) Evaluation
	Programing
	Phase Planning
	Preliminary Cost Estimate (Square Footage)
	Design Review
	Preliminary 3D Coordination
Design Authoring - Model (LOD 300)	Design Authoring - Model
	Sustainability (LEED) Analysis
	Detailed Energy Analysis
	System Cost Estimates
	3D Coordination Reporting
	Program Validation
Construction Documents (LOD 400)	Design Authoring - Final Model
	3D Coordination Validation
	Cost Estimation
	Sustainability (LEED) Reporting
Services During Construction (LOD 500)	Construction System Design
	Phase Planning
	Digital Fabrication
	Record Modeling
	Asset Management

（出所：NY City Department of Design Construction: BIM Guidelines　p.22）

国土交通省（営繕）のガイドラインでは，BIM モデルの詳細度として，基本設計方針策定，基本設計図書作成，実施設計図書作成，完成図等の作成の 4 段階(表 3.2～3.5)としている．

表 3.2

基本設計方針の策定のための BIM モデルの詳細度の目安（参考）

	BIM モデルを作成する対象の代表例
周辺敷地 （敷地外道路、既存建築物等）	(1) 周辺道路、隣地建物等（表面形状） ※一般に入手可能な既往資料を用いて作成する。隣地建物（表面形状）は想定寸法でよいものとする。
意匠	(1) 建物全体のボリューム（地下、ペントハウスも含む全ての階） (2) 内部空間のボリューム（階数、階高、ゾーニング） ※検討目的に応じて、外壁、内壁等の BIM モデルも作成する。
構造	―
電気設備	―
機械設備	―
敷地・外構	(1) 現況敷地情報：既存工作物、敷地内既存建築物、既存立木等（表面形状） (2) 整備後の敷地工作物等（主要な歩道、車道、駐車場等）

※検討目的に応じて必要な情報を入力する。(必ずしも全ての建物部材について 3 次元の BIM モデルを作成する必要はない。)

※1/100 又は 1/200 相当の尺度を標準とする。(1/300、1/500 又は 1/600 相当の尺度ともできる。)

表 3.3

基本設計図書の作成のためのBIMモデルの詳細度の目安（参考）

	BIMモデルを作成する対象の代表例
周辺敷地 （敷地外道路、既存建築物等）	別表１「周辺敷地」と同等とする。
意匠	(1) 空間（室、通路、ホール等（階数、階高、各室の面積共）） (2) 構造体: 柱、はり、床（スラブ）、基礎、耐力壁 ※鉄骨造の場合は耐火被覆を含めた外形とする。 (3) 構造耐力上主要な部分に含まれない壁（種類も含む） (4) 屋根、階段、庇、バルコニー (5) 外装（種類、材料等）、外部建具（仕様も含む） (6) 内部建具（仕様も含む） (7) 天井（天井高を含む）
構造	(1) 構造耐力上主要な部分に該当するもの ・鉄筋コンクリート造の場合 柱、はり、スラブ、基礎、壁（耐力壁とそれ以外を区別する） ・鉄骨造の場合 柱、はり、スラブ、ブレース（H型、I型等の断面の部材は包絡する外形とする） (2) はり、スラブの段差
電気設備	(1) 主要な機器・盤類、主要な幹線（ケーブルラックを含む）、主要な照明器具
機械設備	(1) 主要な機器、主要なダクト、主要な配管（保温材等を含む外形）
敷地・外構	別表１「敷地・外構」に加えて、次の内容を入力する。 (1) 舗装仕上げ、植栽等（整備部分） (2) 構内排水（特に必要と認められる場合）

※「２次元の基本設計図」において表現する内容・尺度等を考慮して、形状情報及び属性情報を入力する。（必ずしも全ての建物部材について３次元のBIMモデルを作成する必要はない。また、取り合いを考慮する必要のない小口径の配管等については作成する必要はない。）

※形状情報の詳細度は、「建築工事設計図書作成基準」及び「建築設備工事設計図書作成基準」に示す２次元の図面等の尺度を参考に設定するものとし、以下に主要な図面の例を示す。

- 敷地及び配置図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。（1/300、1/500又は1/600相当の尺度ともできる。）
- 平面図、立面図及び断面図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。
- 構造図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。
- 電気設備の平面図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。
- 機械設備の平面図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。

表 3.4

実施設計図書の作成のためのBIMモデルの詳細度の目安（参考）

	BIMモデルを作成する対象の代表例
意匠	別表２「意匠」に加えて、次の内容を入力する。 (1) 各室の内装仕上げの仕様 (2) 建具・ガラスの仕様 (3) 手すり (4) 雨水配管 (5) 耐力壁、耐力壁以外の壁の区別
構造	別表２「構造」に加えて、次の内容を入力する。 (1) 壁、柱、壁の寄り (2) 電気設備及び機械設備用スリーブの開口寸法、位置 (3) 鉄骨継手、スプライスプレートの位置（鉄骨造の場合）
電気設備	別表２「電気設備」に加えて、次の内容を入力する。 (1) BIMモデルを作成した各設備の記号、型式等
機械設備	別表２「機械設備」に加えて、次の内容を入力する。 (1) 衛生陶器、ダクト、配管（屋外共）（保温材等を含む外形） (2) BIMモデルを作成した各設備の記号、型式等
敷地・外構	別表２「敷地・外構」と同等とする。

※「２次元の実施設計図」において表現する内容・尺度等を考慮して、形状情報及び属性情報を入力する。（必ずしも全ての建物部材について３次元のBIMモデルを作成する必要はない。また、取り合いを考慮する必要のない小口径の配管等については作成する必要はない。）

※形状情報の詳細度は、「建築工事設計図書作成基準」及び「建築設備工事設計図書作成基準」に示す２次元の図面等の尺度を参考に設定するものとし、以下に主要な図面の例を示す。

- 敷地及び配置図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。（1/300、1/500又は1/600相当の尺度ともできる。）
- 平面図、立面図及び断面図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。
- 構造図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。
- 電気設備の平面図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。
- 機械設備の平面図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。
- 各詳細図を作成する箇所は1/30又は1/50相当の尺度を標準とする。（1/2、1/3、1/5、1/10又は1/20相当の尺度ともできる。）

表 3.5

完成図等の作成のためのBIMモデルの詳細度の目安（参考）

	BIMモデルを作成する対象の代表例
建築仕上げ	(1) 空間（室、通路、ホール等（階数、階高、各室の面積共)） (2) 構造体: 柱、はり、床（スラブ)、基礎、耐力壁 ※鉄骨造の場合は耐火被覆を含めた外形とする。 (3) 構造耐力上主要な部分に含まれない壁（種類も含む） (4) 屋根、階段、庇、バルコニー (5) 外装材（種類、材料等)、外部建具（仕様も含む） (6) 内部建具（仕様も含む） (7) 天井材、天井高さ (8) 主要な材料等の製造所名、製品番号
建築躯体	(1) 構造耐力上主要な部分に該当するもの ・鉄筋コンクリート造の場合 柱、はり、スラブ、基礎、壁（耐力壁とそれ以外を区別する） ・鉄骨造の場合 柱、はり、スラブ、ブレース（H型、I型等の断面の場合は包絡する外形とする） (2) はり、スラブの段差
電気設備	(1) 主要な機器・盤類、主要な幹線（ケーブルラックを含む（屋外共))、主要な照明器具 (2) BIMモデルを作成した各設備の記号、型式等 (3) 主要な機器等の製造者名、製品番号
機械設備	(1) 主要な機器、衛生陶器、ダクト、配管（屋外共）(保温材等を含む外形) (2) BIMモデルを作成した各設備の記号、型式等 (3) 主要な機器等の製造者名、製品番号
昇降機設備	(1) 製造者名
敷地・外構	(1) 外構、植栽、構内排水（雨水）等

※「２次元の完成図」において表現する内容・尺度等を考慮して、形状情報及び属性情報を入力する。(必ずしも全ての建物部材について３次元のBIMモデルを作成する必要はない。)
※敷地及び配置図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。(1/300、1/500又は1/600相当の尺度ともできる。)
※平面図、立面図及び断面図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。
※構造図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。
※電気設備の平面図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。
※機械設備の平面図は1/100又は1/200相当の尺度を標準とする。

(出所：国土交通省:官庁営繕事業における BIM モデルの作成及び利用に関するガイドライン　pp.20～22,p.25)

3.6. COBie

COBie（Construction Operations Building Information Exchange）は，ファシリティ管理情報提出の際の仕様であり，形状データではなく属性データのためのスプレッドシートデータ形式である．

COBie スプレッドシートは，Basic FM Handover ビュー定義（IFC2×3 スキームの一部）を割り当てたものである．Basic FM Handover ビュー定義は，建物モデル間のファシリティ管理情報を交換するため buildingSMART によって開発された．

COBie が必要とするカテゴリ定義の分類基準は各国で異なっており，イギリスは Uniclass ，アメリカでは OmniClass を使用している．

（出所：GRAPHISOFT ArchiCAD and COBie2 ）

COBie スプレッドシートは，表 3.6 のように 18 のワークシートで構成されており，各ワークシートは 8～35 個の属性項目を持っている．

表 3.6　COBie スプレッドシート(Version2.4)の構成

用途	シート名	内容
All Phases	Contact	People and Companies referenced in the COBie data set
Spaces	Facility	Project, Site, and Facility. COBie data is delivered in one file per facility.
	Floor	Vertical building levels, Site and Roof
	Space	Spaces listed in floor plans/finish schedules, and Roof/Site locations for managed equipment.
	Zone	Sets of spaces sharing a specific attribute
Products/Equipment	Type	Types of equipment, products, and materials identified in design schedules.
	Component	Individual instances of equipment, products and materials
	System	Sets of components providing a service
	Assembly	n/a
	Connection	n/a
Operations and Maintenance Worksheets	Spare	Onsite and replacement parts
	Resource	Required materials, tools, and training
	Job	PM, Safety, and other job plans
	Impact	Economic, Environmental and Social Impacts at various stages in the life cycle
All Phases	Document	All applicable document references
	Attribute	Values corresponding to design schedules for Spaces, Products, and Equipment
	Coordinate	n/a
	Issue	n/a

4. 下水道のマネジメント

4.1. 概要

下水道のライフサイクルでは数多くの建設プロジェクトが発生し，完成後に維持管理されることになる．例えば処理場のライフサイクルでは，新規建設プロジェクトから始まり，増設プロジェクト，改築プロジェクト等が下水道整備の進展や経過年数，施設・設備の劣化状況等により企画・遂行される．事業主体・発注者にはこれら数多くのプロジェクトを首尾一貫した方法でマネジメントすることが求められている．

また，下水道は事業でもあるので経営的視点も重要でありアセットマネジメントも求められている．設備保全等の維持管理はアセットマネジメントの根幹を成すものといえる．

よって，下水道事業の効率化や高度化の実現にむけて事業主体・発注者はプロジェクトマネジメントとアセットマネジメントをシームレスに結びつけることが必要となっている．

4.2. JS 標準 WBS によるプロジェクトマネジメント

JS 標準 WBS は，ＪＳがプロジェクトマネジメントのためのツールとして開発・運用している WBS である．なお，WBS(Work Breakdown Structure)とは，プロジェクトに必要な作業を漏れなく重複なく抽出しマネジメントしやすいように構造化したものである．

JS では，平成 11 年 10 月から JS 標準 WBS によるプロジェクトマネジメントを実施しており，現時点では約 3600 プロジェクトに適用されている．

JS 標準 WBS は，施設あるいは機能としての視点で分類した WBS(以下，施設 WBS)と役務あるいは工種の視点で分類した WBS(以下，作業 WBS)の２種類から構成されている

プロジェクトマネジメントでは，まず，施設 WBS を基にプロジェクトに含まれる施設や機能を特定(フレーミング)し，次に，施設 WBS に対して必要な作業を組み合わせる．このように施設 WBS と作業 WBS の組み合わせたものをワークパッケージ(以下，WP)と呼び，プロジェクトの管理単位としている．

WP がほぼ確定すれば，それらを工事発注計画と関連付け，マスタースケジュールを作成する．マスタースケジュールでは，主に工期と概算金額を確認する．

マスタースケジュールに従い，予算要望，設計，積算・発注等プロジェクトを遂行する．積算・発注では工事設計書が作成され，工事完成後に完成図書とともに事業主体に引き渡される．これらは維持管理の初期データとなる．

施設 WBS は表 4.1，作業 WBS は表 4.2，フレーミング例は図 4.1，ワークパッケージ例は表 4.3，マスタースケジュール例は図 4.2，工事設計書例は表 4.4 のとおりである．

図 4.2 のようにフレーミングは平面図上で行うため，水処理棟と管廊のように地上と地下で違う機能を有する施設がある場合，若干分かりづらくなっている．

実際の工事設計書に WP は明示されていないが，実質的には表 4.4 のように WP にも基づき構成されている．

表 4.1　施設 WBS（一部抜粋）

Code	Description
A	処理場
A1	用地関連
A11	敷地造成
A2	共通施設
A21	管理施設
A22	管廊施設
A23	脱臭施設
A24	場内整備
A25	進入道路
A26	自家発電施設
A27	監視制御施設
A28	受変電施設
A3	水処理施設
A31	流入渠施設
A32	沈砂池施設
A33	主ポンプ施設
A34	流量調整池施設
A35	導水渠施設
A36	最初沈殿池施設
A37	反応タンク施設
A38	OD施設
A39	POD施設
A3A	最終沈殿池施設
A3B	送風機施設
A3C	消毒施設
A3D	処理水再利用施設
A3E	砂ろ過施設
A3F	放流ポンプ施設
A3G	放流渠施設
A3H	吐口施設
A3J	水処理運転操作施設
A3K	水処理計装施設
A3L	水処理電気室

Code	Description
A4	汚泥処理施設
A41	汚泥濃縮施設
A42	汚泥消化施設
A43	汚泥貯留施設
A44	汚泥脱水施設
A45	汚泥乾燥施設
A46	汚泥焼却施設
A47	汚泥溶融施設
A48	汚泥コンポスト施設
A49	汚泥処理運転操作施設
A4A	汚泥処理計装施設
A4B	汚泥処理電気室
A4C	汚泥ポンプ室
A5	特殊水処理施設
A51	回分槽施設
A52	好気性ろ床施設
A57	回転円板施設
A58	接触酸化槽施設
A59	散水ろ床施設
A5A	土壌被覆施設
A5B	嫌気好気ろ床法

表 4.2　作業 WBS(一部抜粋)

Code	Description			
1	プロフェッショナル・サービス			
11		プロジェクト企画		
12		プロジェクトマネジメント		
13		計画設計管理		
14		現地・事前調査管理		
15		基本設計管理		
16		詳細設計管理		
			土木詳細設計業務管理	
			建築詳細設計業務管理	
			建築機械設備詳細設計業務管理	
			建築電気設備詳細設計業務管理	
			機械設備詳細設計業務管理	
			電気設備詳細設計業務管理	
17		発注設計		
			土木工事発注設計	
			建築工事発注設計	
			建築機械設備工事発注設計	
			建築電気設備工事発注設計	
			機械設備工事発注設計	
			電気設備工事発注設計	
18		建設工事管理		
181			コンストラクションマネジメント	
182			機材製作仕様管理	
183			建設工事施工管理	
184			総合点検・試運転	
2	設計			
21		計画設計		
22		現地・事前調査		
23		基本設計		
24		詳細設計		
25		技術援助		
3	建設工事			
31		新設工事		
311			土木工事	
312			建築工事	
3121				建築本工事
3122				建築機械設備工事
3123				建築電気設備工事
315			機械設備工事	
316			電気設備工事	
32		増設工事		
35		再構築工事		

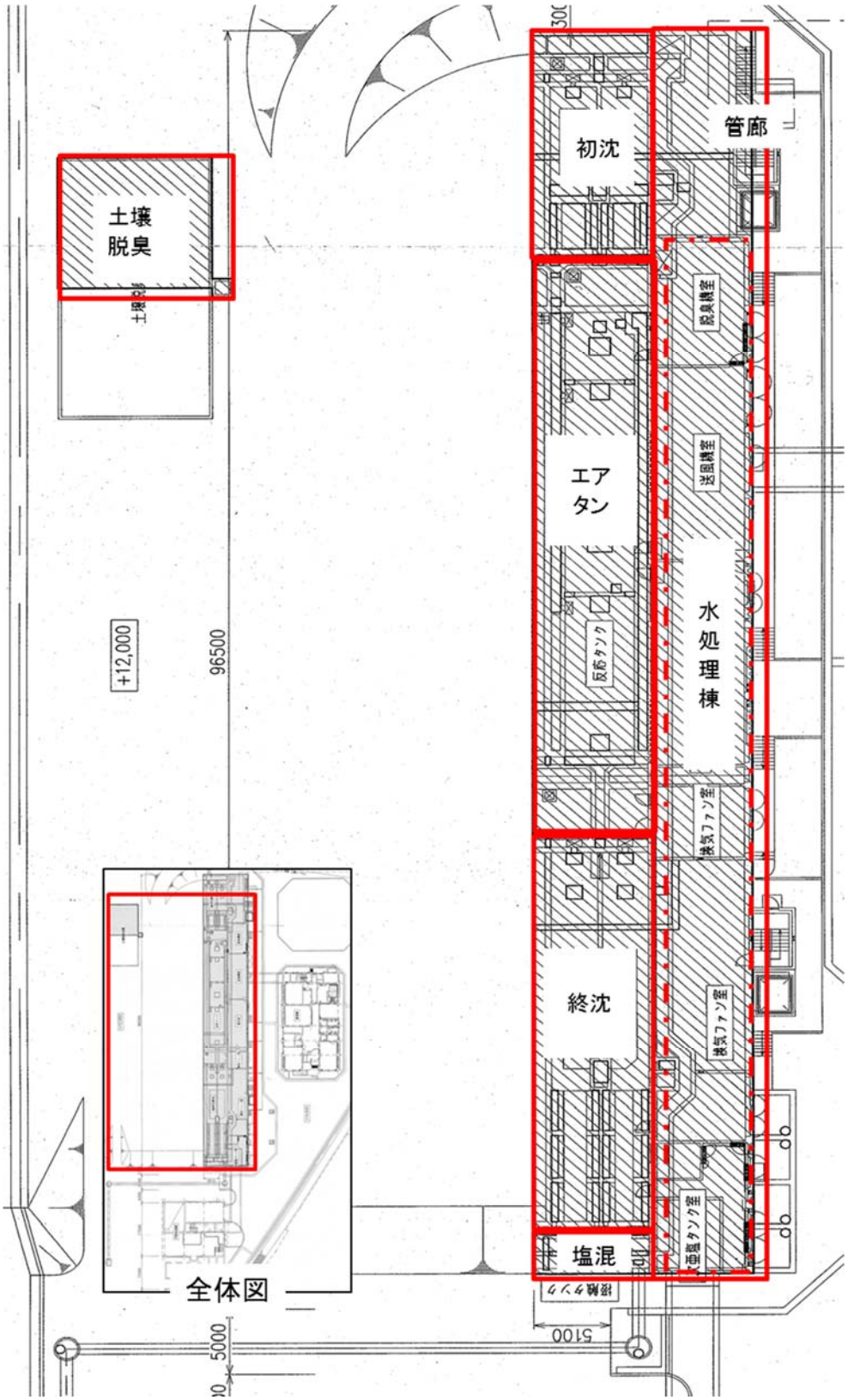


図 4.1　水処理施設のフレーミング例

表 4.3　水処理施設の WP 例

施設WBS				作業WBS			
				311土木	312建築	315機械	316電気
A	処理場						
A2		共通施設					
A22			管廊施設	○			
A23			脱臭施設			○	
A3		水処理施設					
A36			最初沈殿池施設	○		○	
A37			反応タンク施設	○		○	
A3A			最終沈殿池施設	○		○	
A3B			送風機施設		○	○	
A3C			消毒施設	○		○	
A3J			水処理運転操作施設				○
A3K			水処理計装施設				○
A3L			水処理電気室		○		

○がWPを表す。「管廊施設－土木」、「脱臭施設-機械」

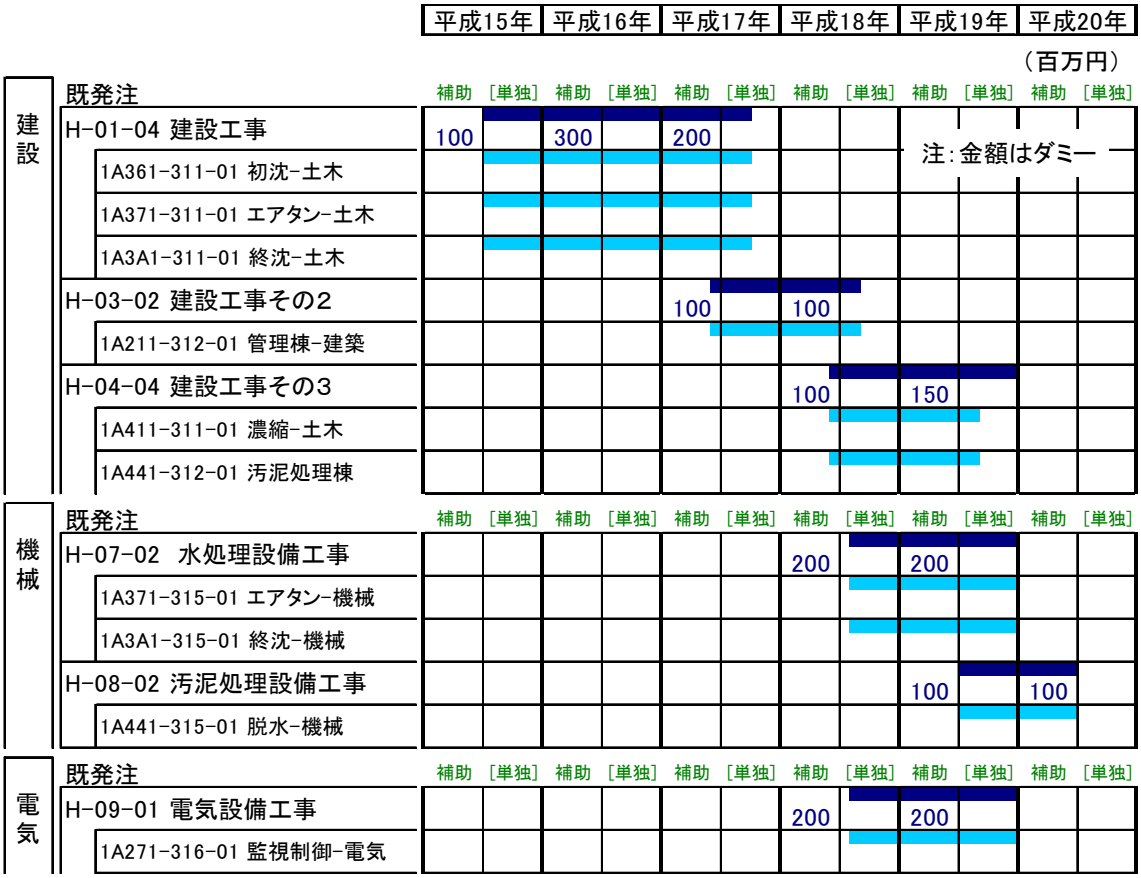


図 4.2　マスタースケジュール例

表 4.4　土木工事と機械設備工事の設計書例

（土木工事）

WP	種別名	細別名	単位	数量
1A371-311-01　エアタンー土木				
	A37反応タンク工	土工	式	1
	A37反応タンク工	基礎工	式	1
	A37反応タンク工	躯体工	式	1
	A37反応タンク工	付帯工	式	1
1A3A1-311-01　終沈ー土木				
	A3A最終沈殿池工	土工	式	1
	A3A最終沈殿池工	基礎工	式	1
	A3A最終沈殿池工	躯体工	式	1
	A3A最終沈殿池工	付帯工	式	1
～				
	共通仮設費	共通仮設費(率分)	式	1
	共通仮設費	運搬費	式	1
	共通仮設費	技術管理費	式	1
	共通仮設費	営繕費	式	1
	現場管理費	現場管理費	式	1
	一般管理費等	一般管理費等	式	1

（機械設備工事）

WP	種別名	細別名	単位	数量
1A371-311-01　エアタンー機械				
	機器費	A37№.1散気装置	池	1
	機器費	A37№.1撹拌機	台	1
1A3A1-311-01　終沈ー機械				
	機器費	A3A終沈流入ゲート	門	2
	機器費	A3A汚泥かき寄せ機	基	2
	機器費	A3A終沈スカムスキマー	基	2
	機器費	A3A返送汚泥ポンプ	台	2
	機器費	A3A余剰汚泥引抜弁	台	2
	機器費	A3A余剰汚泥ポンプ	台	2
	機器費	A3A終沈スカム移送ポンプ	台	2
	機器費	A3A終沈管廊床排水ポンプ	台	1
～				
	直接工事費	直接工事費	式	1
	間接工事費	間接工事費	式	1
	一般管理費等	一般管理費等	式	1
	設計技術費	設計技術費	式	1

4.3. 設備管理台帳によるストックマネジメント

設備管理台帳は，設置，点検，修繕・故障履歴等を記録・整備することを目的として作成・利用するものである．管理単位としては，機械・電気設備は機器単位，配管・配線・ダクト類は工事単位，土木・建築施設については施設単位となることが多い．

設備管理台帳は，対象とする処理場施設が小規模で機器点数が少ない場合は表計算ソフトで作成されることもあるが，一般にはリレーショナルデータベース(RDB)を利用して作成される．設備管理台帳で管理しているデータ項目の例は表 4.5 のとおりである．

表 4.5　設備管理台帳のデータ項目例

（共通項目）	（ポンプ設備の項目）	
設備番号	機器名称	仕様1
事業所	用途	仕様2
設備名称	型式	仕様3
設備種別	形式	重量_kg
大分類	製造会社	揚水量_m^3/min
中分類	製造番号	最大負圧_Mpa
小分類	製造年月日	効率_%
設置場所	吸込口径_mm	軸動力_PS
系列	吐出口径_mm	羽根車形式
数量	吐出量	ポンプ制御方式
単位	全揚程_m	備考
形式	ポンプ効率_%	登録区分
仕様	回転数_min_1	状態変更処理
稼働竣工年月日	動力_kW	構成品状態
更新可能年度	軸受_インペラ側	
標準的耐用年数	軸受_駆動側	
設計機器費	ケーシング材質	
設置費用(取得価額)	インペラ材質	
部品調達	主軸材質	
稼働竣工年度	フランジ規格	
目標耐用年数	軸封形式	
処分制限期間	保護装置	
管理保全区分		
点検確認種別		

下水道特有のデータ項目としては分類（大・中・小）がある．分類は，長寿命化支援制度で利用するものであり，小分類単位で長寿命化計画を作成することになっている．分類の例は表 4.6 のとおりである．

表 4.6　下水道施設・設備の分類例（一部抜粋）

大分類	中分類	小分類	年数
沈殿施設	躯体	鉄筋コンクリート又は鉄筋鉄骨コンクリート造	50
		金属造	35
共通設備	付帯設備	内部防食	10
		手摺	18
		グレーチング	
		簡易覆蓋	
ポンプ設備	汚水ポンプ設備	ポンプ本体	15
		電動機	
		減速機	
		抵抗器・制御機	
		吐出弁	
		逆止弁	
		水中攪拌機	10
水処理設備	最終沈殿池設備	汚泥かき寄せ機	15
		スカム除去装置	
		スカム分離機	
		スカム移送ポンプ	
		返送汚泥ポンプ	
		余剰汚泥ポンプ	
付帯設備	配管類	送気	15
		給水	
		送泥	
		排水	
		仕切弁	
		電動弁	
		空気作動弁	
電気計装設備	監視制御設備	プロセスコントローラ	10
		シーケンスコントローラ	
		現場盤	15
		補助リレー盤	
		計装計器盤	
		監視盤	
		操作盤	
		CRT操作卓	10
		監視コントローラ	
		ITV装置	
		通信装置	7
		パソコン応用装置	
	ケーブル・配管類	動力線	15
		制御線	
		計装線	
		ラック	
		ダクト	
		電線管	
		通信線(光ケーブル)	

地方公営企業法の適用に際しては，固定資産の調査・評価が必要となる．標準的な資産の調査・評価単位)は，表 4.7 のとおりである．

表 4.7　固定資産の調査・評価単位

固定資産科目		施設分類	資産整理単位
処理場	建物	建築構造物	棟単位
		建築機械設備	棟単位
		建築電気設備	棟単位
	構築物	土木構造物	主要施設単位(例:終沈等)
		場内整備施設	主要施設単位(例:場内道路等)
	機械及び装置	機械設備	主要機器単位(ポンプ等改築更新の取替単位)
		電気設備	主要機器単位(操作盤等改築更新の取替単位)

ストックマネジメントは，設備管理台帳を基本データとしてサービス水準の目標設定，改築費用の把握，優先順位を踏まえた保全計画の策定・実施等の施設管理活動を実施するモノのマネジメントである．アセットマネジメントは，モノのマネジメントにヒトとカネのマネジメントを追加したものになる．すなわち，設備管理台帳はアセットマネジメントの基本データでもある．

なお，BIM では，一般にストックマネジメント，アセットマネジメントの代わりにファシリティマネジメント(FM)を用いている（3.6 章 COBie 参照）．

4.4.　BIM/CIM の位置づけ

新下水道ビジョン（平成 26 年 7 月）では，目標として，「人，モノ，カネの持続可能な一体管理（アセットマネジメント）の確立を掲げている．

しかし，現状としては

- 下水道施設の改築更新需要が拡大する一方で，維持管理が十分に行われていない，施設状況が把握できていない
- 使用料収入で汚水処理費を賄えていない状況がある一方で，人口減少による使用料収入減少など経営管理への影響が懸念
- 下水道職員は減少傾向で高年齢化も進行．中小市町村では職員が極めて少ないなど，脆弱な管理体制

といった問題を抱えている．

アセットマネジメントを確立するには，施設状況の把握が必要になってくる．下水道施設，中でも機械・電気設備は供用後の点検や修繕等の保全記録，運転時間や回転数等の運転記録を確実に残すことが必要である．

設備管理台帳のみでも実施は可能であるが，下水道職員の減少傾向や高年齢化の進行，中小市町村では職員が極めて少ないなど脆弱な管理体制であることを鑑みると，BIM/CIM による分かりやすい３次元モデルを中心にこれらの記録を残すような仕組みとすることで，より正確な施設状況の把握が可能となり，かつ，見える化も実現できることになる．

図 4.3 は人，モノ，カネの持続可能な一体管理（アセットマネジメント）の確立のための目的展開図である．基本構成は上下２つの箱とそれらをつなぐ線であり，上段は下段の目的，下段は上段の手段となっている．

例えば，「適切な施設管理」と「アセットマネジメントの確立」では，「アセットマネジメントの確立」の目的は「適切な施設管理」を行うこと，「適切な施設管理」の手段は「アセットマネジメントの確立」である，ということを意味している．

「適切な情報共有」，「効率的な施設整備」，「適切な維持管理」，「コスト縮減」は「アセットマネジメントの確立」のための手段であり，さらに「BIM/CIM」，「設備管理台帳」は「適切な情報共有」等の手段（ツール）となっている．

したがって，プロダクトデータモデルの構築においては，アセットマネジメントを念頭に置くこととする．

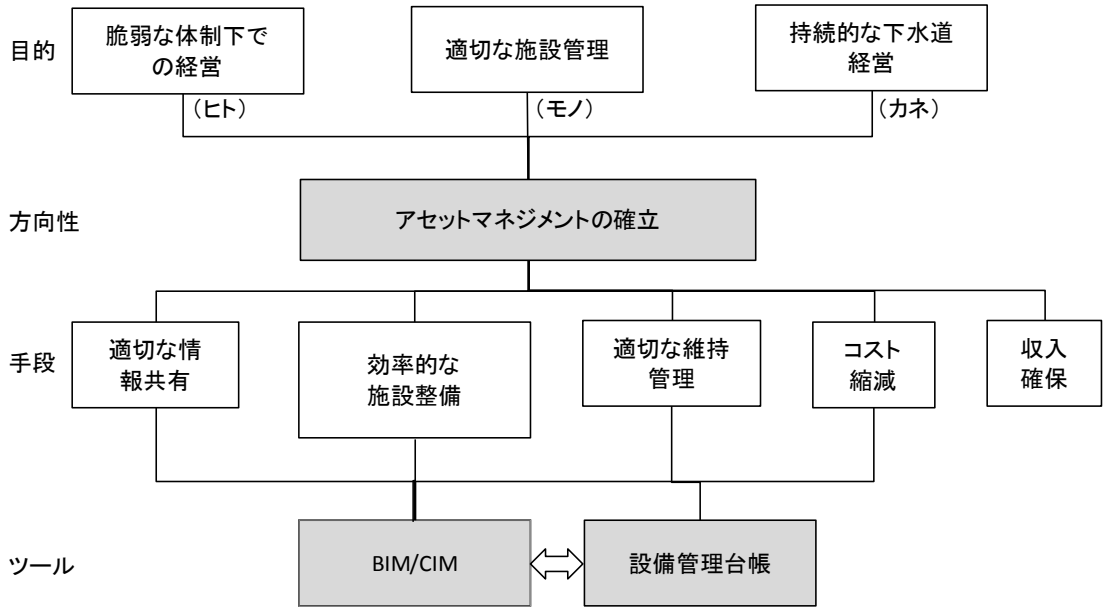


図 4.3　BIM/CIM の目的展開図

5. 概念データモデル

5.1. 肱北浄化センターの施設・設備構成

概念データモデルを検討するに当たっては，実際の処理場施設である肱北浄化センターを事例とすることとした．肱北浄化センターは，水処理方式として標準活性汚泥法，汚泥処理方式として濃縮＋薬品添加＋機械脱水を採用している全体計画水量 1 万 m3/日級の処理場であり，2.4 章で示したように典型的な中小規模の処理場である．肱北浄化センターの一般平面図は図 5.1 のとおりである．

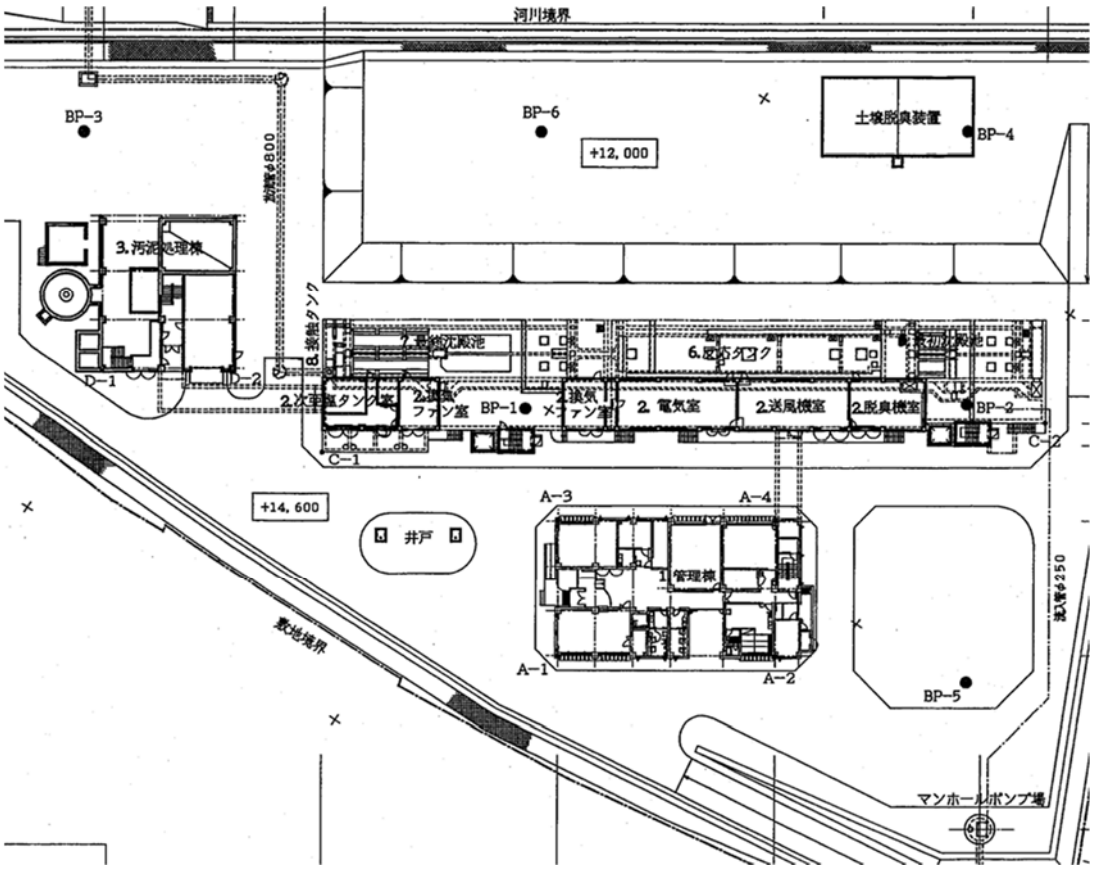


図 5.1　一般平面図（第 1 期）

肱北浄化センターは，下水を揚水するマンホールポンプ場，水処理を行う最初沈殿池，反応タンク，最終沈殿池，塩素混和池，放流渠，汚泥処理を行う重力濃縮槽，汚泥処理棟，中央監視等を行う管理棟，各施設を接続する配管類，及びそれらを格納する管廊，場内道路，外構等で構成されている．

各施設にはそれぞれ機械設備，電気設備が格納されている．水処理施設に格納されている主な機械設備は表 5.1 のとおりである．電気設備としては，これら機器を運転操作するための現場操作盤や水位計，流量計等の計装機器が設置されている．

表 5.1　水処理施設に含まれる主な機械設備

施設	機器	型式	仕様	動力	数量
最初沈殿池					
	着水井流入ゲート	外ねじ式鋳鉄製角型ゲート	800W×800H	－	1
	初沈バイパスゲート	外ねじ式鋳鉄製角型ゲート	800W×500H	－	1
	スクリーンユニット	脱水機構付スクリーンユニット	6.0m^3/min	1.7kw	1
	床排水ポンプ	水中汚水汚泥ポンプ	φ65×0.3m^3/min×10m	1.5kw	1
	初沈池排水ポンプ	無閉塞形汚泥ポンプ	φ100×0.6m^3/min×7m	3.7kw	1
反応タンク					
	流入可動堰	外ねじ式鋳鉄製角型ゲート	400W×400ST	－	2
	No.1散気装置	全面曝気式散気板	酸素供給量54.7mg/L・時	－	1池分
	No.2散気装置	全面曝気式散気板	酸素供給量35.7mg/L・時	－	1池分
	No.1攪拌機	水中機械攪拌機	2.5m^3/min・台	2.2kw	1
	No.2攪拌機	水中機械攪拌機	2.5m^3/min・台	3.7kw	1
	床排水ポンプ	水中汚水汚泥ポンプ	φ65×0.3m^3/min×10m	1.5kw	1
	風量調節弁	手動バタフライ弁	φ200	－	1
	No.1バイパスゲート	外ねじ式鋳鉄製角型ゲート	800W×800H	－	1
	No.2バイパスゲート	外ねじ式鋳鉄製角型ゲート	500W×500H	－	1
	池排水ポンプ	無閉塞形汚泥ポンプ	φ100×1.0m^3/min×9m	5.5kw	1
	攪拌機吊上装置	組立型移動式クレーン	1ton	－	1
最終沈殿池					
	終沈流入ゲート	外ねじ式鋳鉄製角型ゲート	400W×400H	－	2
	汚泥かき寄せ機	チェーンフライト式	約0.3m/min	0.75kw	2
	終沈スカムスキマー	連動式スカムスキマー	巾420mm×長2190mm	－	2
	返送汚泥引抜弁	手動偏心構造弁	φ200	－	1
	返送汚泥ポンプ	吸込スクリュー付汚泥ポンプ	φ150×2.5m^3/min×4m	5.5kw	2
	余剰汚泥引抜弁	電動偏心構造弁	φ150	0.2kw	2
	余剰汚泥ポンプ	吸込スクリュー付汚泥ポンプ	φ100×0.6m^3/min×6m	2.2kw	2(1)
	スカム移送ポンプ	無閉塞形汚泥ポンプ	φ100×0.6m^3/min×10m	5.5kw	2(1)
	床排水ポンプ	水中汚水汚泥ポンプ	φ65×0.3m^3/min×10m	1.5kw	1
塩素混和池					
	塩素接触装置	水路設置形固形塩素	日最大3350m^3/d	－	1
	次亜鉛貯留タンク	FRP製円筒漕	3000L	－	1
送風機					
	1号送風機	ルーツ形ブロワ	φ125×12m^3/min×60kPa	22kw	2(1)
	2号送風機	ルーツ形ブロワ	φ150×24m^3/min×62kPa	45kw	2(1)
	エアフィルタ	鋼板製乾式フィルタ	48m^3/min	－	1
	点検用クレーン	手動式サスペンション形	2ton	－	1
処理水再利用施設					
	消泡水ポンプ	片吸込渦巻ポンプ	φ80×1.0m^3/min×25m	7.5kw	2(1)
	ストレーナー	自動洗浄ストレーナ	φ80×1.0m^3/min	0.1kw	1
	井戸水ポンプ	水中ポンプ	φ80×0.6m^3/min×20m	3.7kw	2(1)
	給水ユニット	鋼板製圧力タンク	φ80×0.6m^3/min×30m	3.7kw×2	1
	洗浄水ポンプ	片吸込渦巻ポンプ	φ50×0.2m^3/min×30m	3.7kw	2(1)

5.2.　3 次元モデル化

(1)3 次元モデル化の手順

プロダクトデータモデル構築に先立って，既存資料の過不足や市販されているソフトウェアの検証を目的として，まず 3 次元モデル化を実施することとした．

モデル化には土木・建築構造物はグラフィソフト ArchiCAD18，建築付帯設備・機械設備・電気設備は NYK システムズ Rebro2013 を利用した．モデル化の手順としては，工事完成図から施設単位でモデルを作成し最後に統合した．統合したモデルを参照するためのビューワは，ソリブリ社 Solibri Model Checker v9.5 を利用した．

3 次元モデル化の手順は図 5.2 のとおりである．

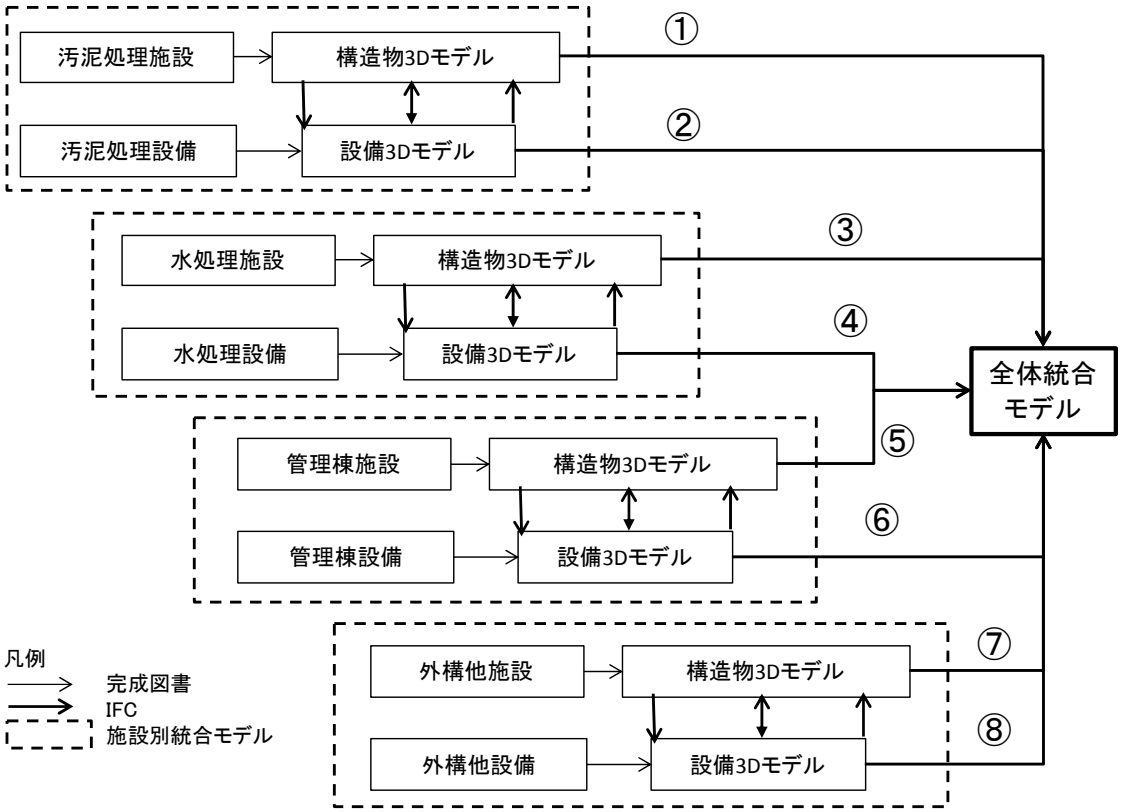


図 5.2　3 次元モデル化の手順

モデル化は，汚泥処理，水処理，管理棟，外構の順で実施した．

汚泥処理では，まず ArchiCAD18 により構図物を完成図からモデル化した．次に，そのモデルの IFC ファイルを Rebro2013 で読み込み，設備の完成図書から設備をモデル化した．設備のモデル化の中で構造物モデル化の不備等も散見されたので，途中何回かデータを交換しモデルの精度を高めた．最終的には，ArchiCAD18 に統合（ホットリンク機能を利用）し，汚泥処理の最終モデルとした．

これと同様の手順を残りの施設についても行い，施設毎の最終モデルを作成した．

全体統合モデルについては，ArchiCAD18 に統合することを試したが，各施設の階高が違うこと，ファイル容量が大きくなりコンピュータ上でスムーズに動かない等の問題があった．そこで，Solibri Model Checker v9.5 で統合することとした．ここでは，合計 8 個の IFC ファイルを読み込んだことになるが操作に特段の問題は生じなかった．

このモデル化から判明した主な事項は以下のとおりである．

- BIM ソフトウェアによるモデル化は可能
- 一つのソフトウェアでは完結せず，目的にあった複数のソフトを使う必要あり
- 異なるソフトウェア間での属性データの受け渡しは可能
- 汚泥かき寄せ機等の下水道特有の機器は都度作成する必要あり
- 既存の完成図書があればモデル化は可能
- 属性データの追加も可能であるが，効率的にするには何らかの仕組みが必要

肱北浄化センターは工事着手が平成 15 年度と比較的新しいことから完成図書が電子納品されており既存資料の入手が容易であった．電子納品が普及する前の施設については既存資料の保管状況がモデル化に大きな影響を与えると思われる．

(2) 3 次元モデル

全体統合モデルは図 5.3，地盤内の状況は図 5.4，それぞれの施設の内部状況は図 5.5～5.8 のとおりである．

図 5.3　全体統合モデル

図 5.4　地盤内の状況

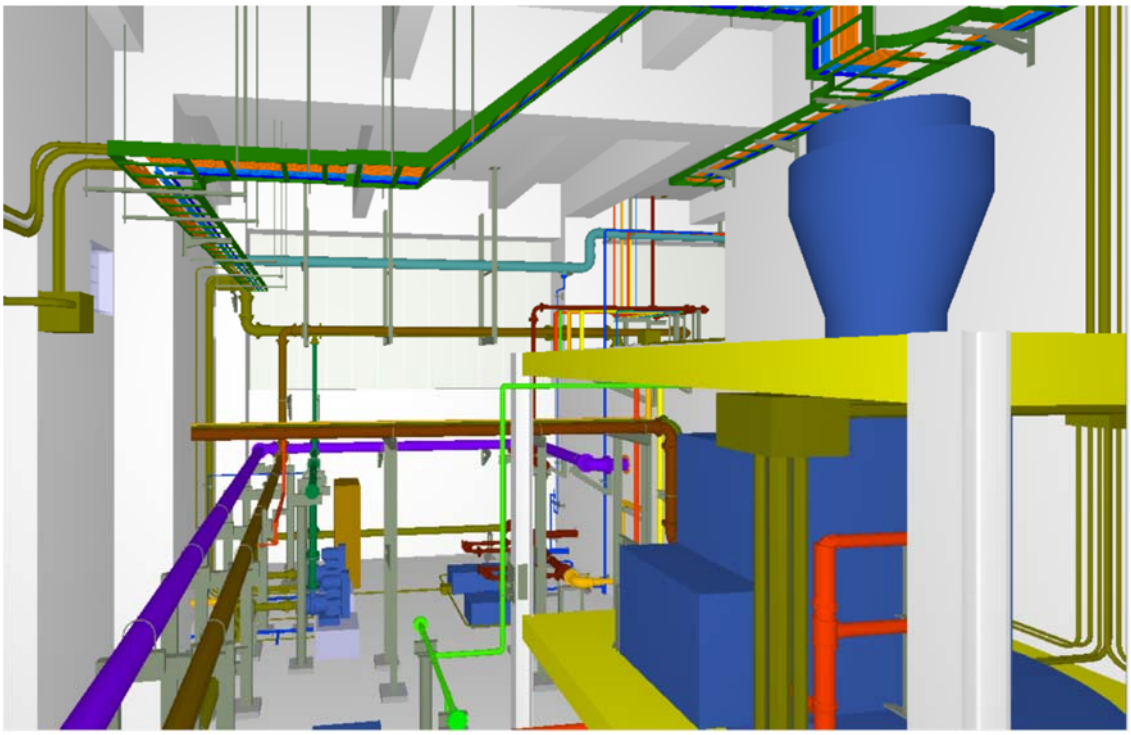


図 5.5　汚泥処理棟機械室内部の状況

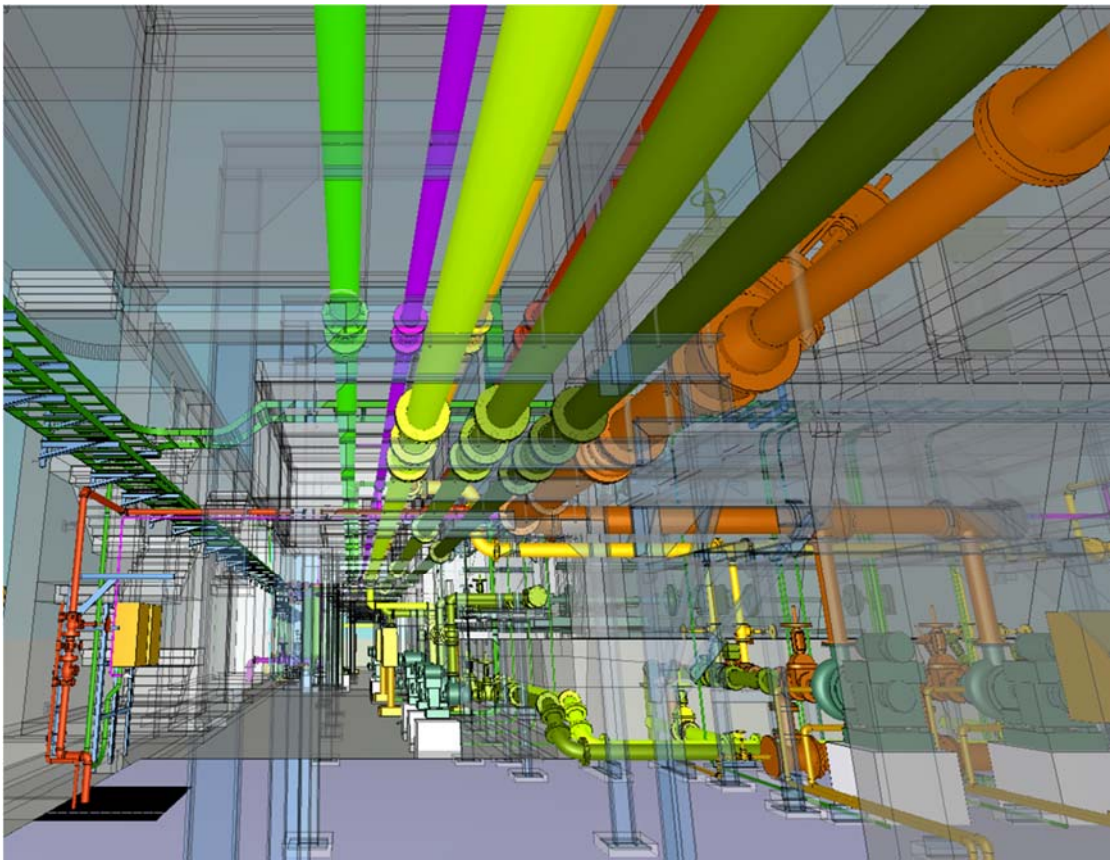


図 5.6　水処理管廊の状況

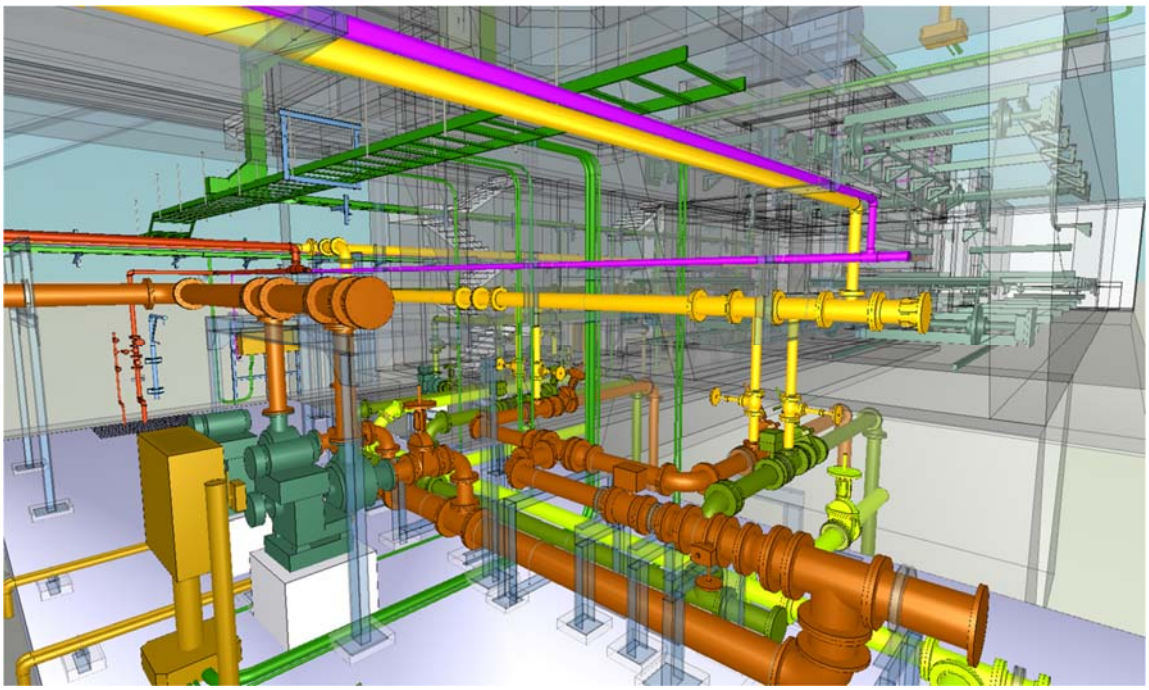


図 5.7　最終沈殿池の状況

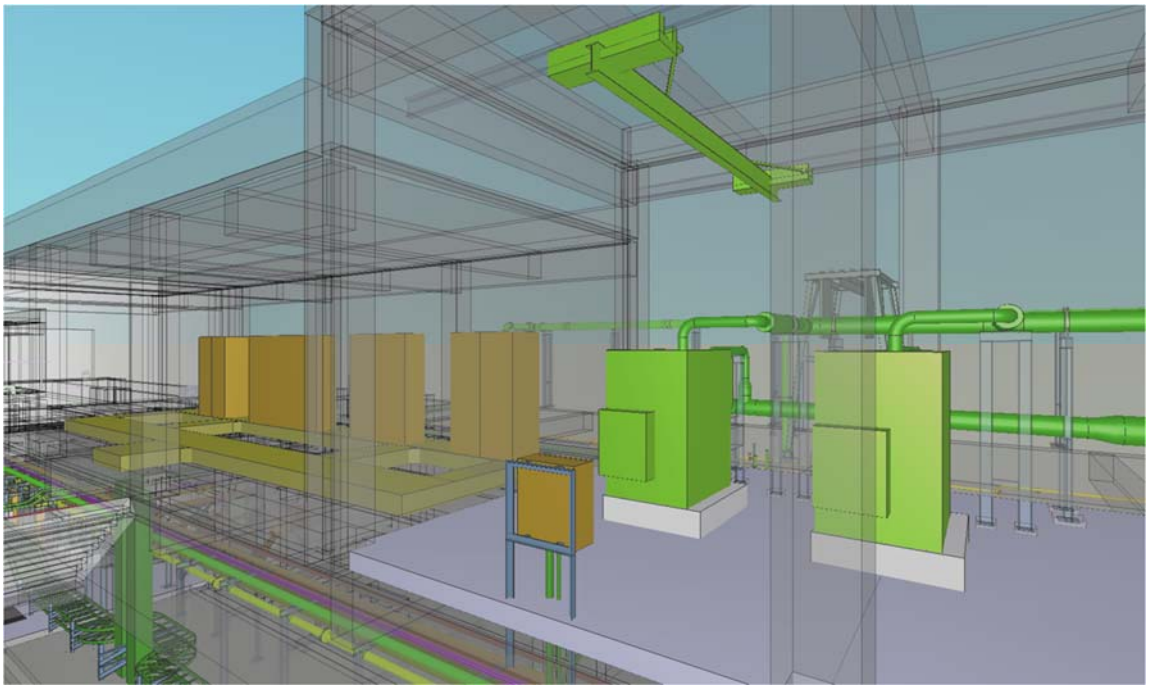


図 5.8　水処理棟（電気室・送風機室）の状況

5.3. 空間要素の概念データモデル

処理場では，図 5.5～5.8 に示すように，ある空間（汚泥処理棟，管廊，最終沈殿池，水処理棟）内に壁，床，柱等の構造物，ポンプ，かき寄せ機，現場操作盤等の設備機器，配管，ケーブルラック等が設置されている．

4.2 章で述べたように，プロジェクトマネジメントはどの空間にどのような施設・設備があるかを把握することから始まる．また，4.5 章で述べた設備管理台帳でもデータ項目に「設置場所」を持っている．よって，空間と施設・設備を関連づけることは下水道のマネジメント，すなわち，プロジェクトマネジメントとストックマネジメント（アセットマネジメント）の切れ目のない連携のために非常に重要である．

施設 WBS はもともとプロジェクトマネジメントのために開発したものであり，２次元ベースであるが，これを 3 次元に適用する．例えば，水処理施設においては，図 4.1 のとおり最初沈殿池，反応タンク，最終沈殿池，塩素混和池，水処理棟，管廊の 6 つの施設 WBS を用い 2 次元でフレーミングをしていた．3 次元では図 5.9～5.11 のようになり，ほぼそのまま適用（空間の境界には留意が必要）できる．

これを踏まえると肱北浄化センターの空間要素の概念データモデルは図 5.12 のとおりとなる．なお，IFC2x3，IFC4 のエンティティとの関係は，第 6 章で記述する．

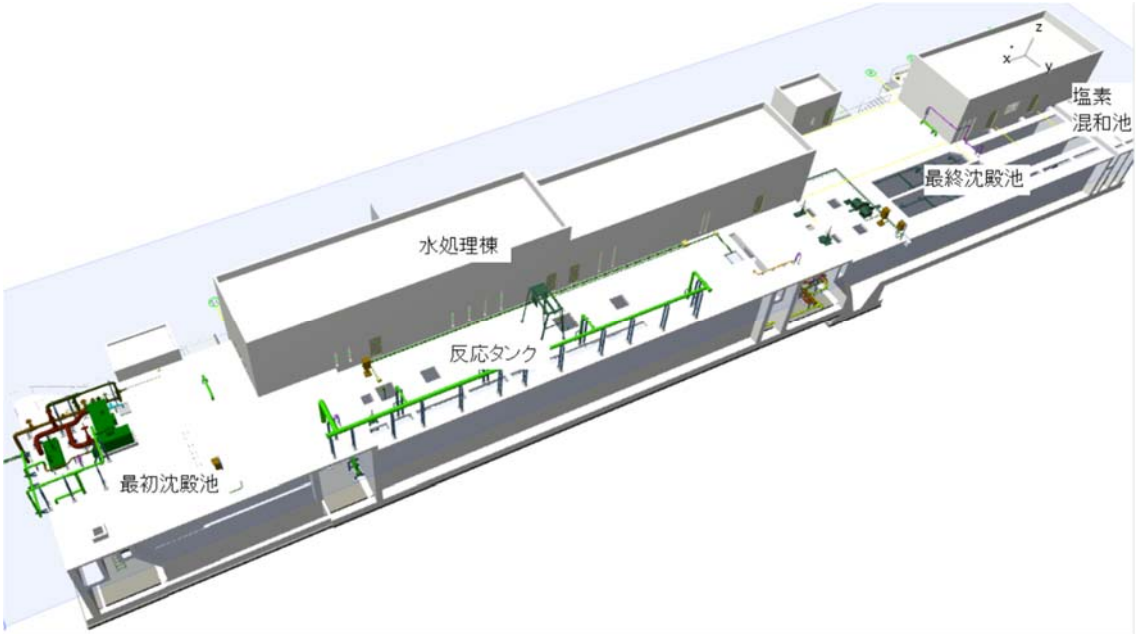


図 5.9　施設 WBS による３次元フレーミング（水処理施設上部）

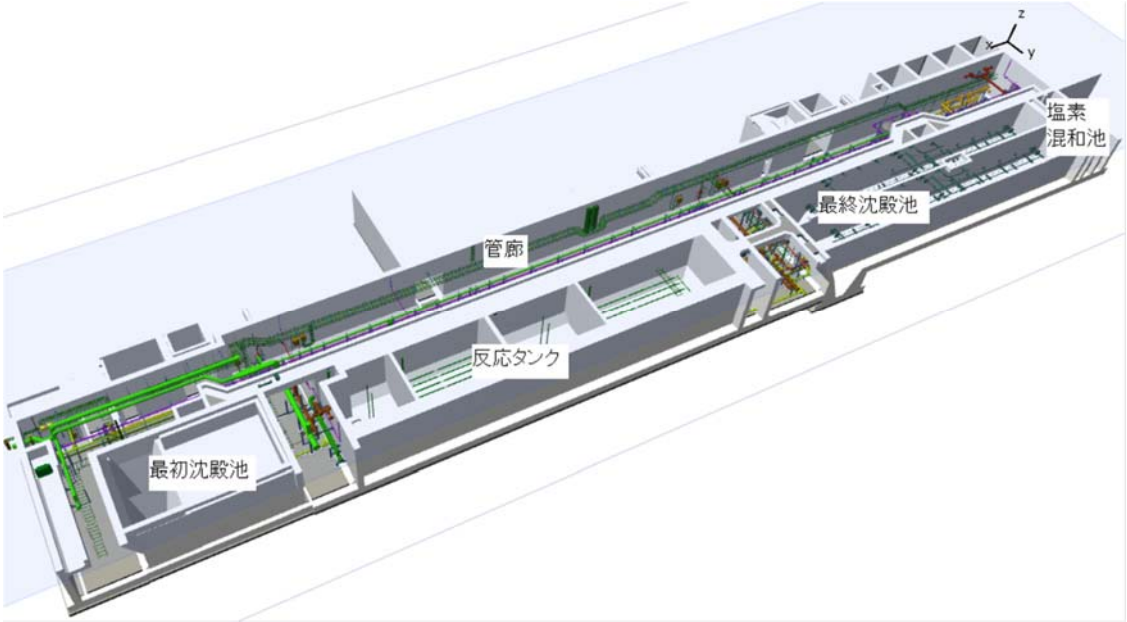


図 5.10　施設 WBS による３次元フレーミング(水処理施設内部)

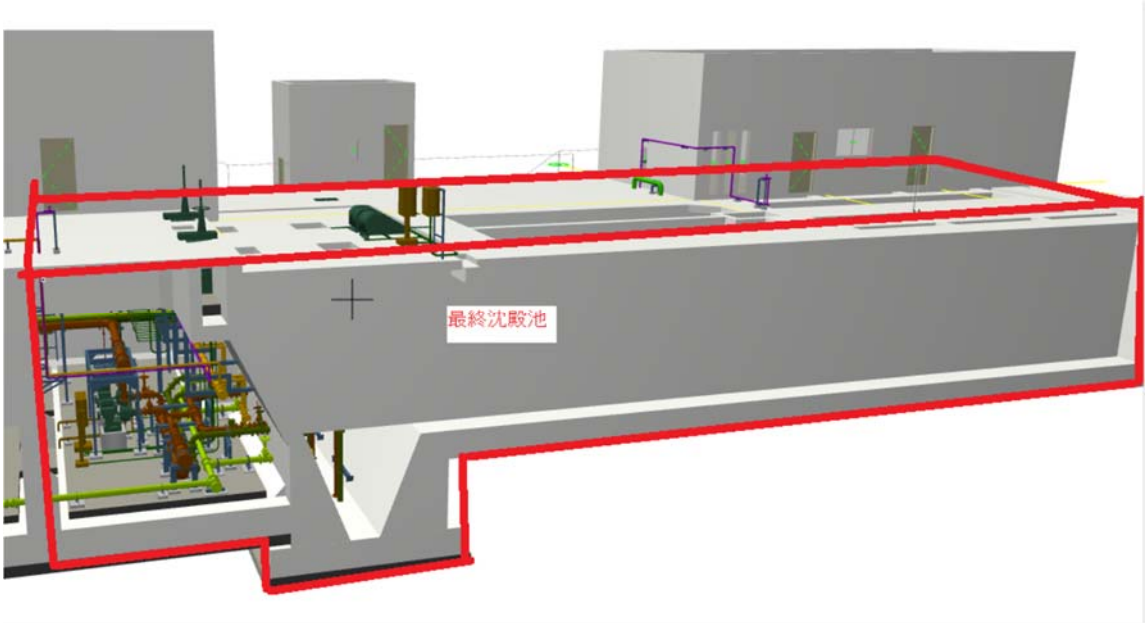


図 5.11　施設 WBS による３次元フレーミング(最終沈殿池)

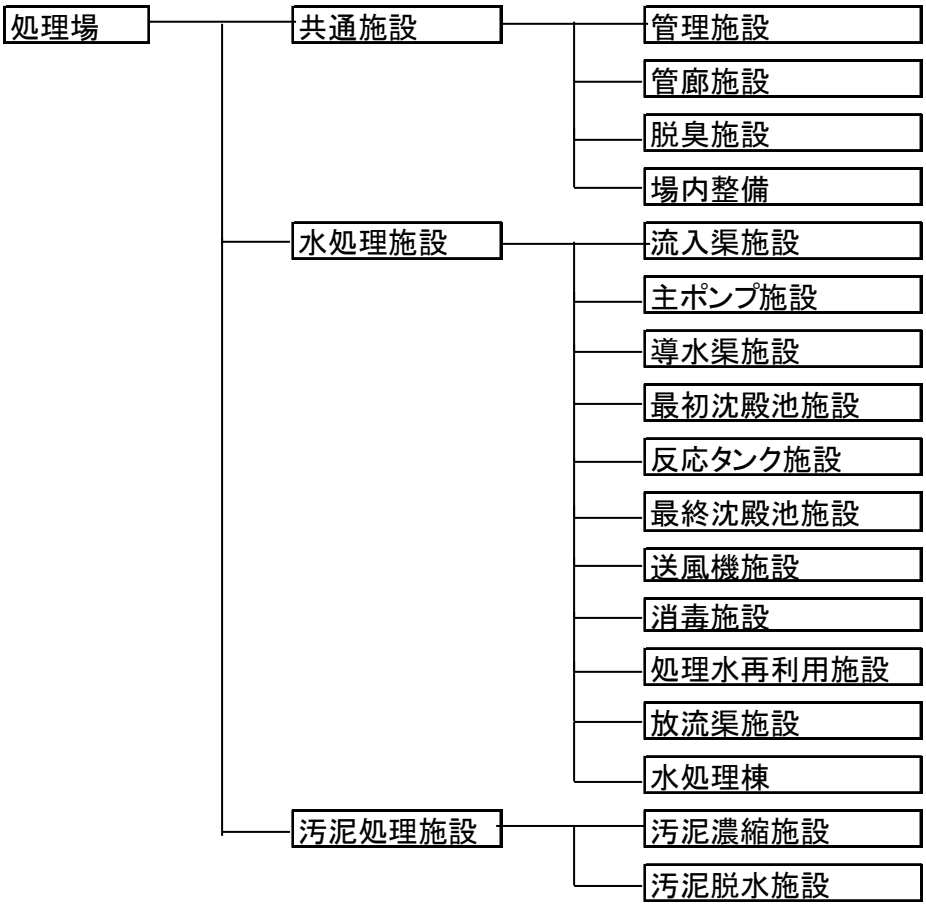


図 5.12　肱北浄化センター空間要素の概念データモデル

5.4.　物理要素の概念データモデル

プロジェクトマネジメントとストックマネジメント（アセットマネジメント）の切れ目のない連携の実現のためには，物理的な形状や特性だけでなく，下水道ライフサイクル中の調査，設計，施工，維持管理といった業務プロセスにも着目する必要がある．

処理場施設の調査，設計では，土木，建築，建築機械設備，建築電気設備，機械設備，電気設備の 6 工種が必要となり，この 6 工種に分業されている．

構造物の形状や特性は土木と建築，建築機械設備と機械設備で似ているところはあるが，概念レベルでは分割した方が容易にモデル化でき，関係者の理解も得やすい．また，4.2 章で示した作業 WBS も比較的上位のレベルで工種に分割している．

よって，物理要素の概念データモデルにおいても，2 階層目を工種とすることとした．この概念データモデルは図 5.13 のとおりである．

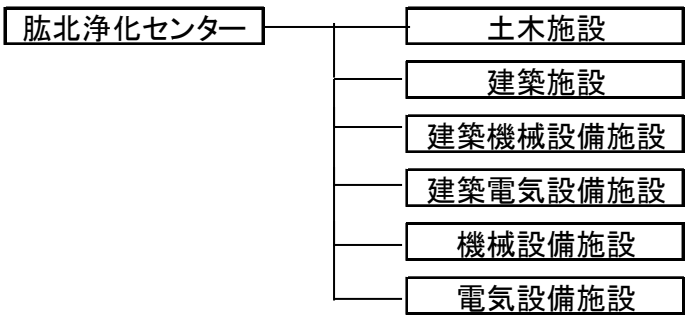


図 5.13　肱北浄化センター物理要素の概念データモデル（1～2 階層）

6 工種のうち，建築，建築機械設備，建築電気設備は下水道施設特有のものはほとんどなく BIM そのものである．よって，土木，機械設備，電気設備についてのみ，3 階層以下を検討した．

(1)土木施設の物理要素の概念データモデル

下水道施設の土木施設は，一般土木や建築と大きな相違はないが，特徴を挙げると防食塗装，越流堰版，流出水路の銅版張り，開口部の蓋，安全対策としての手すり，柵等の付帯施設が多種多様にあることである．よって，付帯施設についてのみモデル化を行う．そのモデルは図 5.14 のとおりである．

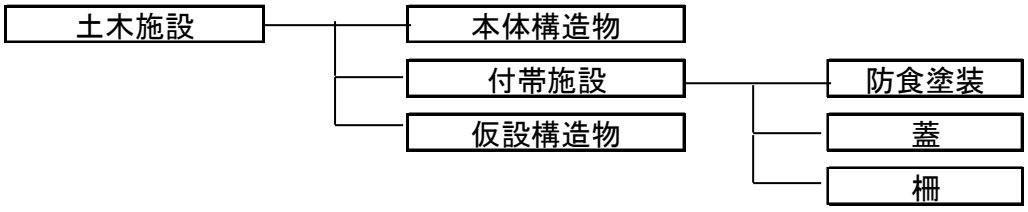


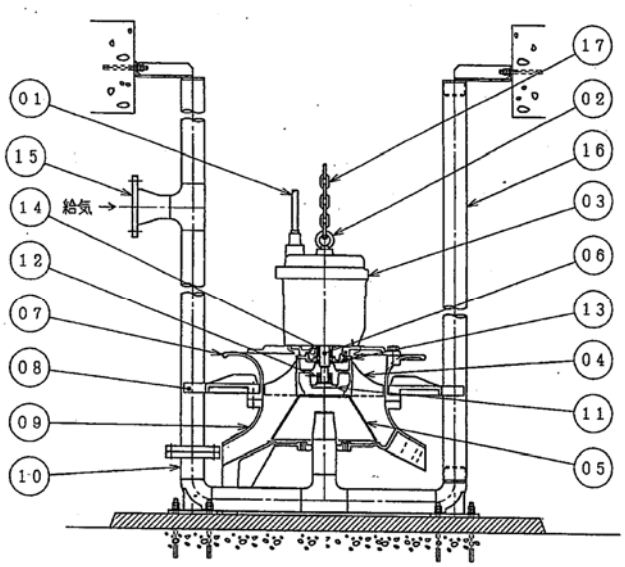
図 5.14　付帯施設の概念データモデル(2～4 階層)

(2)機械設備施設の物理要素の概念データモデル

表 5.1 で主な水処理設備を示したが，これらは機器と呼ばれるものであり，さらにいくつかの部品類で構成されている．例えば，反応タンクに設置される水中機械撹拌機は，図 5.15 のような部品構成となっている．

この機器の製作者にとっては，これら部品の 3 次元化に意味はあると思われるが，プロジェクトマネジメント，アセットマネジメントの視点では，部品レベルまでを 3 次元化する意味は小さいと思われる．よって，機器レベルを概念データモデルの最下層とすることとした．このレベルは，工事設計書(表 4.4)の機器費として記載されるレベルと同じレベルである．水中機械撹拌機の 3 次元モデルは，図 5.16 のとおりである．

なお，このモデルは曲線部の形状等を忠実に表現しているが，IFC によるデータ交換等を考慮して形状はより簡素化することとする．



番号	部品名	材料	個数	摘要
17	クサリ	SUS304	1	
16	ガイドパイプ	SUS304	1	
15	ガイドパイプ（兼給気管）	SUS304	1	
14	メカニカルシール	−	1	
13	シールドリング	N. B. R.	1	
12	ロッキングエレメント	−	1	
11	キャップ	SUS304	1	
10	給気スタンド	SUS304	1	
09	吐出ケーシング	FC250	1	
08	ガイド	FC200	2	
07	吸込ケーシング	FC250	1	
06	主軸	SUS329J1	1	
05	ディフューザ	SUS304	1	
04	ハネグルマ	SCS13	1	
03	水中電動機	−	1	
02	アイボルト	SUS304	1	
01	ケーブル	2PNCTS	1	

図 5.15　水中機械撹拌機の部品構成

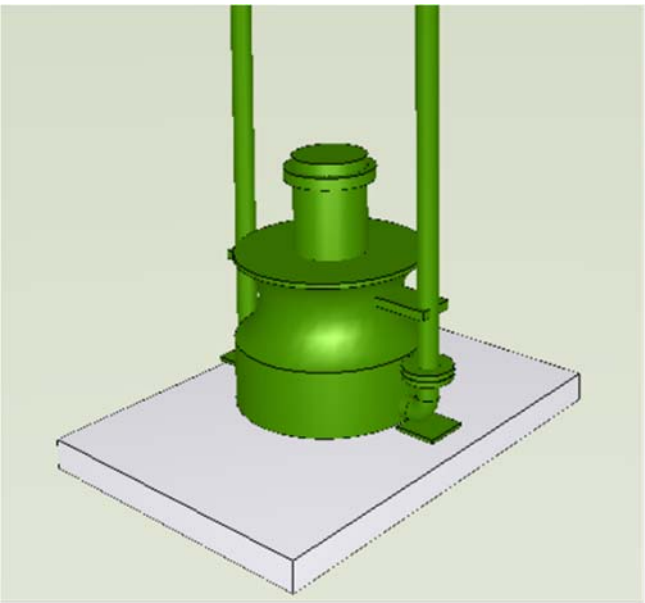


図 5.16　水中撹拌機の３次元モデル

機械設備の概念データモデル（2～4 階層）は図 5.17 のとおりである.

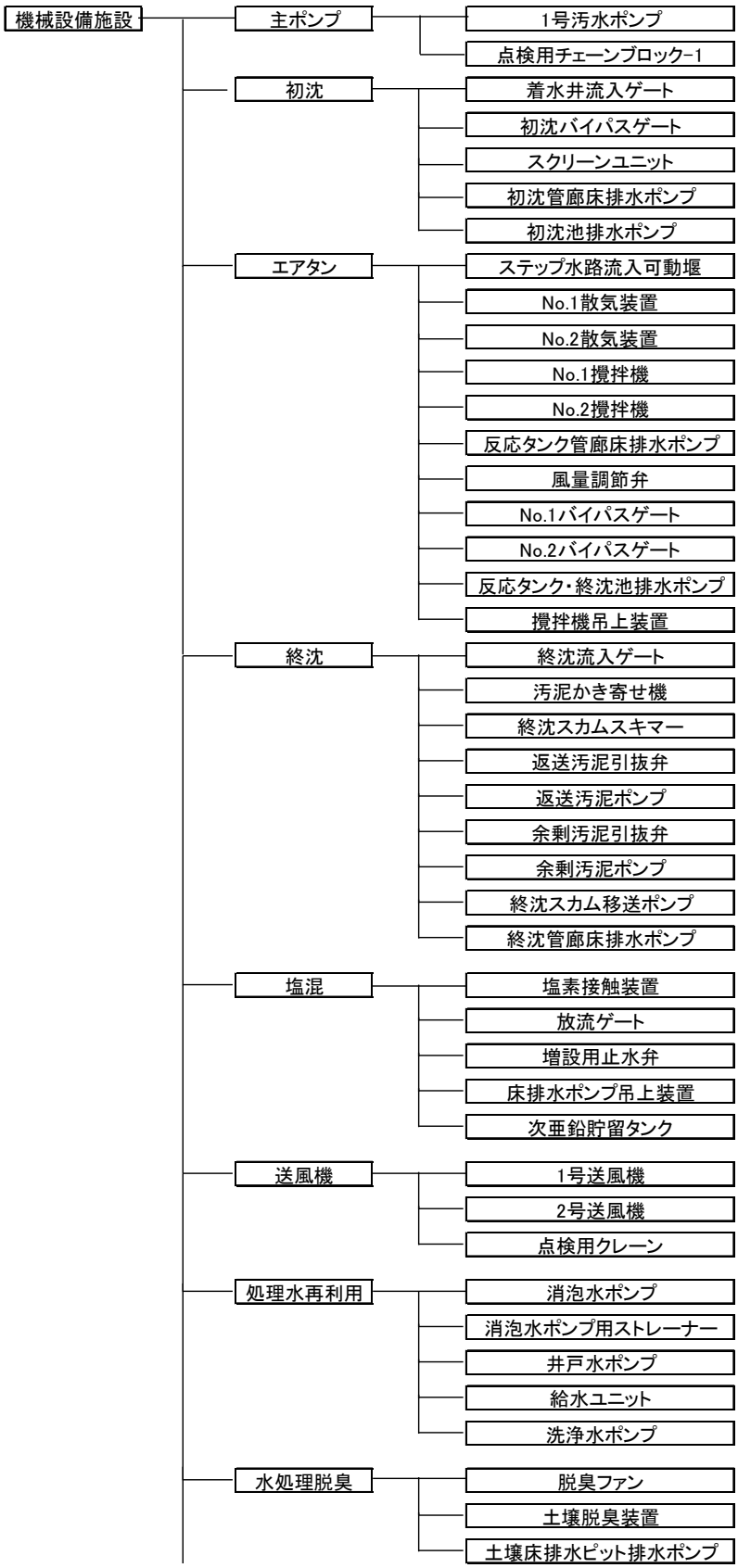

機械設備施設
主ポンプ
1号汚水ポンプ
点検用チェーンブロック-1
初沈
着水井流入ゲート
初沈バイパスゲート
スクリーンユニット
初沈管廊床排水ポンプ
初沈池排水ポンプ
エアタン
ステップ水路流入可動堰
No.1散気装置
No.2散気装置
No.1攪拌機
No.2攪拌機
反応タンク管廊床排水ポンプ
風量調節弁
No.1バイパスゲート
No.2バイパスゲート
反応タンク・終沈池排水ポンプ
攪拌機吊上装置
終沈
終沈流入ゲート
汚泥かき寄せ機
終沈スカムスキマー
返送汚泥引抜弁
返送汚泥ポンプ
余剰汚泥引抜弁
余剰汚泥ポンプ
終沈スカム移送ポンプ
終沈管廊床排水ポンプ
塩混
塩素接触装置
放流ゲート
増設用止水弁
床排水ポンプ吊上装置
次亜鉛貯留タンク
送風機
1号送風機
2号送風機
点検用クレーン
処理水再利用
消泡水ポンプ
消泡水ポンプ用ストレーナー
井戸水ポンプ
給水ユニット
洗浄水ポンプ
水処理脱臭
脱臭ファン
土壌脱臭装置
土壌床排水ピット排水ポンプ

図 5.17　機械設備の概念データモデル（2～4 階層）

(3)電気設備施設の物理要素の概念データモデル

電気設備は，ソフトウェア的な側面が強いため，機械設備以上に部品レベルのモデル化の意味は小さい．よって，機械設備と同様に機器レベルを最下層とする．電気設備の概念データモデル（2～4 階層）は図 5.18 のとおりである．

- 電気設備施設
  - 監視制御
    - CRT監視制御装置
    - 汚泥処理設備SQC盤
    - 非常通報装置
  - 受変電
    - 引込盤
    - 汚泥処理設備UPS
    - 気中開閉器
    - 受電盤
    - 昇圧変圧器
    - 照明分岐盤
    - 動力分岐盤
    - 動力分岐盤機能増設
    - 変圧器盤
    - 無停電電源装置
  - 水処理運転操作
    - 1系水処理設備ｺﾝﾄﾛｰﾙｾﾝﾀ
    - 1系水処理設備補助継電器盤
    - 1号送風機VVVF盤
    - 1号送風機現場操作盤
    - No.1-1,2-1攪拌機現場操作盤
    - No.1終沈汚泥掻寄機現場操作盤
    - No.1終沈管廊床排水ﾎﾟﾝﾌﾟ現場操作盤
    - No.1初沈管廊床排水ﾎﾟﾝﾌﾟ現場操作盤
    - No.1水処理脱臭ﾌｧﾝ現場操作盤
    - No.1反応ﾀﾝｸ管廊床排水ﾎﾟﾝﾌﾟ現場盤
    - No.1-1汚水ポンプVVVF盤
    - No.1-2汚水ポンプVVVF盤
    - No.1返送汚泥ﾎﾟﾝﾌﾟ余剰汚泥引抜弁現場盤
    - ﾏﾝﾎｰﾙﾎﾟﾝﾌﾟ現場操作盤
    - マンホールポンプ用作業用電源盤
    - 井戸水ﾎﾟﾝﾌﾟ現場操作盤
    - 作業用電源盤
    - 作業用電源盤
    - 受変電設備SQC盤
    - 終沈ｽｶﾑ移送ﾎﾟﾝﾌﾟ現場操作盤
    - 初沈ｽｶﾑ移送ﾎﾟﾝﾌﾟ・初沈池排水ﾎﾟﾝﾌﾟ盤
    - 消泡水ﾎﾟﾝﾌﾟ・洗浄水ﾎﾟﾝﾌﾟ現場操作盤
    - 場内給水・消毒設備ｺﾝﾄﾛｰﾙｾﾝﾀ
    - 場内給水・消毒設備補助継電器盤
    - 水処理設備SQC盤
    - 土壌床排水ﾋﾟｯﾄ排水ﾎﾟﾝﾌﾟ現場操作盤
    - 薬品タンク受入盤
    - 薬品注入ポンプ現場操作盤
    - 余剰汚泥ﾎﾟﾝﾌﾟ現場操作盤

図 5.18　電気設備の概念データモデル（2～4 階層）

6. プロダクトデータモデル

6.1. IFC の構造

第 5 章でプロジェクトマネジメント，アセットマネジメントでは空間とそこに含まれるモノとを関連付けて把握することが重要であると述べたが．IFC も同様の構造になっており，図 6.1 のとおりである．

なお, 本研究では, IFC のバージョンは BIM ソフトウェアに実装されている 2x3 とし，適宜 IFC4 の情報を参照する．また，IFC の各クラス（エンティティ）の関係は IEDF1X による ER 図として表現する．これは，プロジェクトマネジメント，アセットマネジメントで利用しているデータベースがリレーショナルデータベース(RDB)であり, それらとの関係を検討しやすくするためである．また，実際に ifcxml 形式で出力されたファイルを読み取る場合にも RDB の親和性は高いからである．

図 6.1 の IfcElement が物理要素，IfcSpatialElement，IfcSpatialStructureElement が空間要素を管理している．

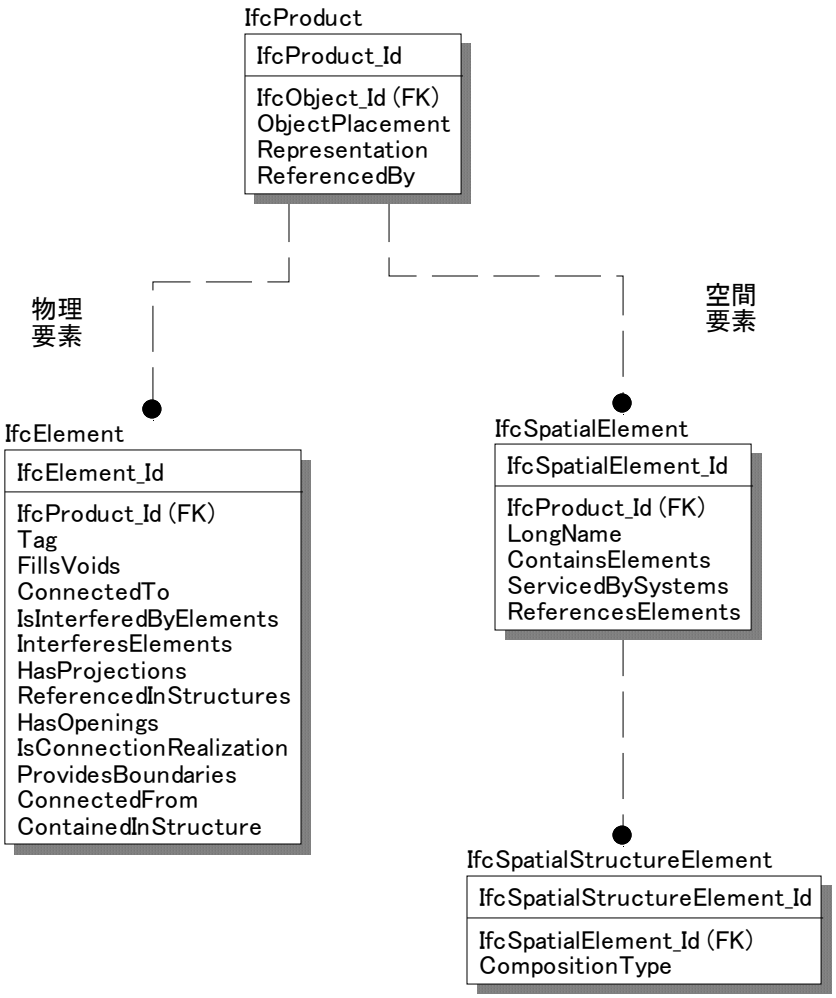


図 6.1　空間要素と物理要素を表すエンティティ

(1)空間要素

空間要素には, IfcBuilding（建物）, IfcBuildingStorey（建物階）, IfcSite（敷地）, IfcSpace（ゾーン）の 4 個のエンティティがあり，IfcProject（プロジェクト）も合わせて IfcRelAggregates により関連付けられている．そのＥＲ図は図 6.2 のとおりである．

関連付けは，IfcProject と IfcSite，IfcSite と IfcBuilding，IfcBuilding と IfcBuildingStorey，IfcBuildingStorey と IfcSpace の 4 種類である．この関係により，プロジェクトに含まれるゾーンまでが把握できるようになっている．

なお, IFC4 では, IfcSpatialZone（A spatial zone is a non-hierarchical and potentially overlapping decomposition of the project under some functional consideration）が新たに定義されている．

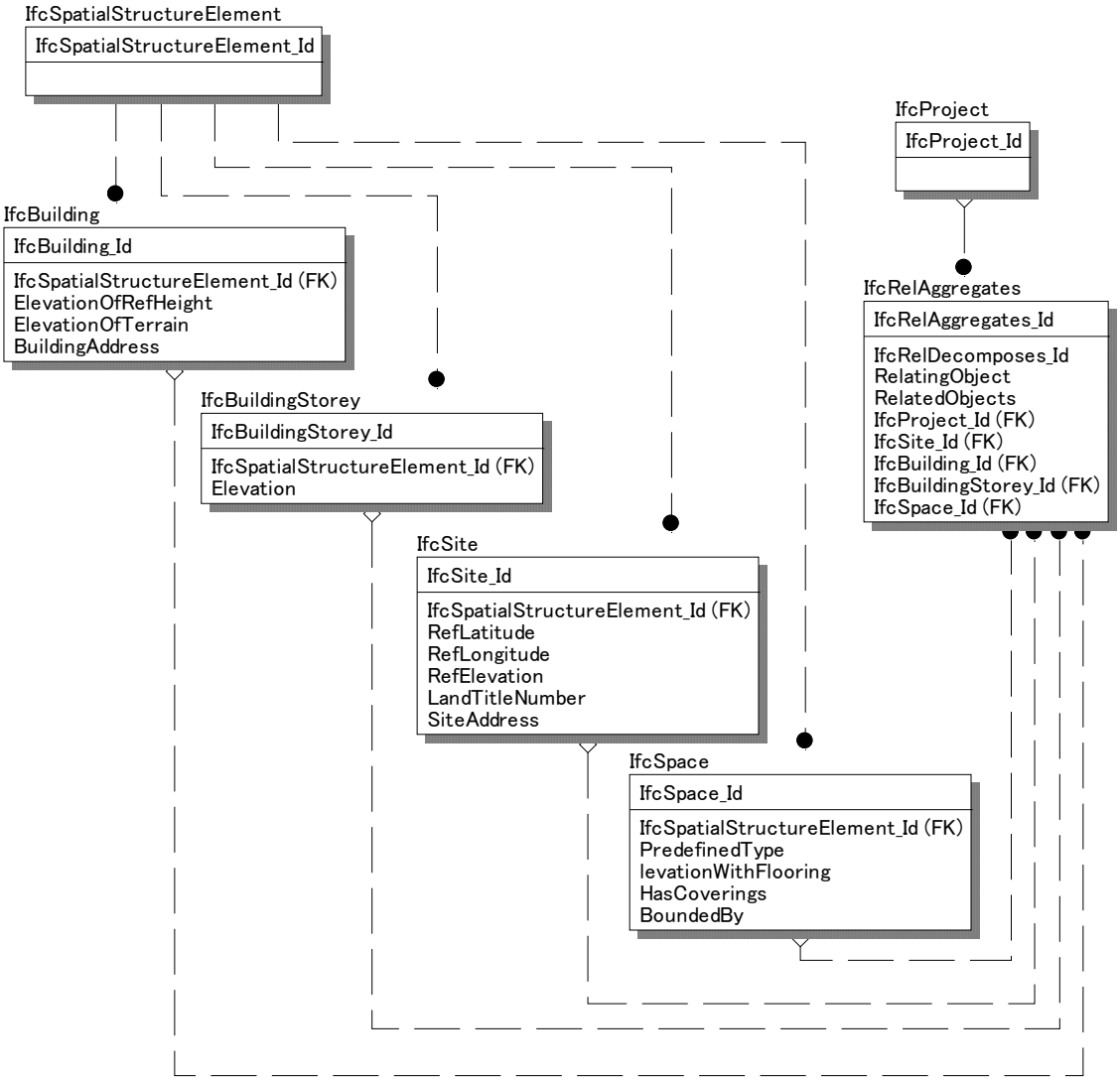


図 6.2 各空間要素の関連付け

(2)物理要素

IfcElement の子エンティティは，図 6.3 のとおりであり，IfcBuildingElement 等 10 個のエンティティがある．このうち，IfcCivilElement と IfcGeographicElement は IFC4 で新たに定義されたエンティティである．

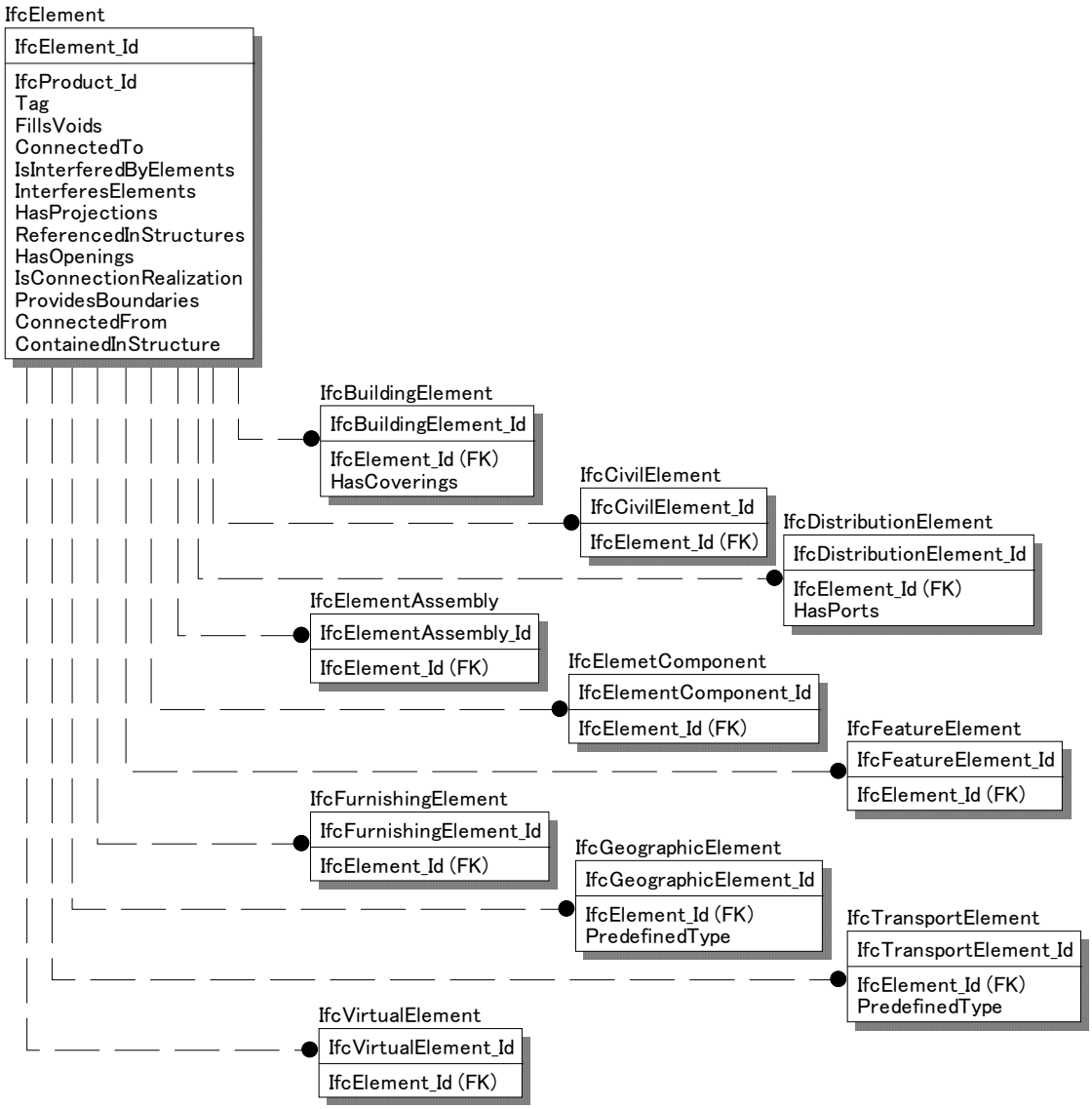


図 6.3　物理要素のエンティティ

肱北浄化センターの 3 次元モデルで利用されているエンティティは，IfcBuildingElement，IfcDistributionElement，IfcElementComponent であった．これらの子エンティティは，図 6.4，図 6.5，図 6.6 のとおりである．

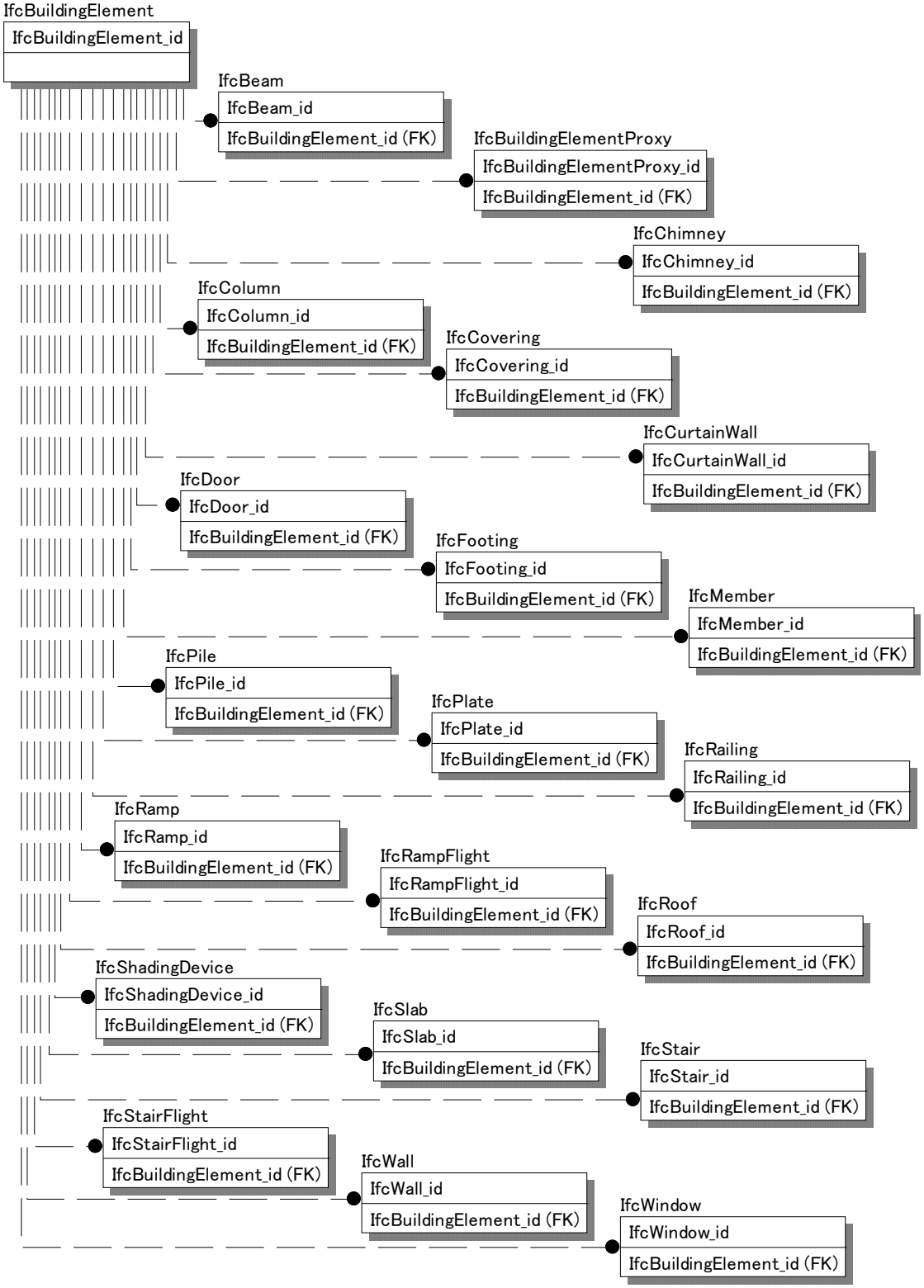


図 6.4　IfcBuildingElement の子エンティティ

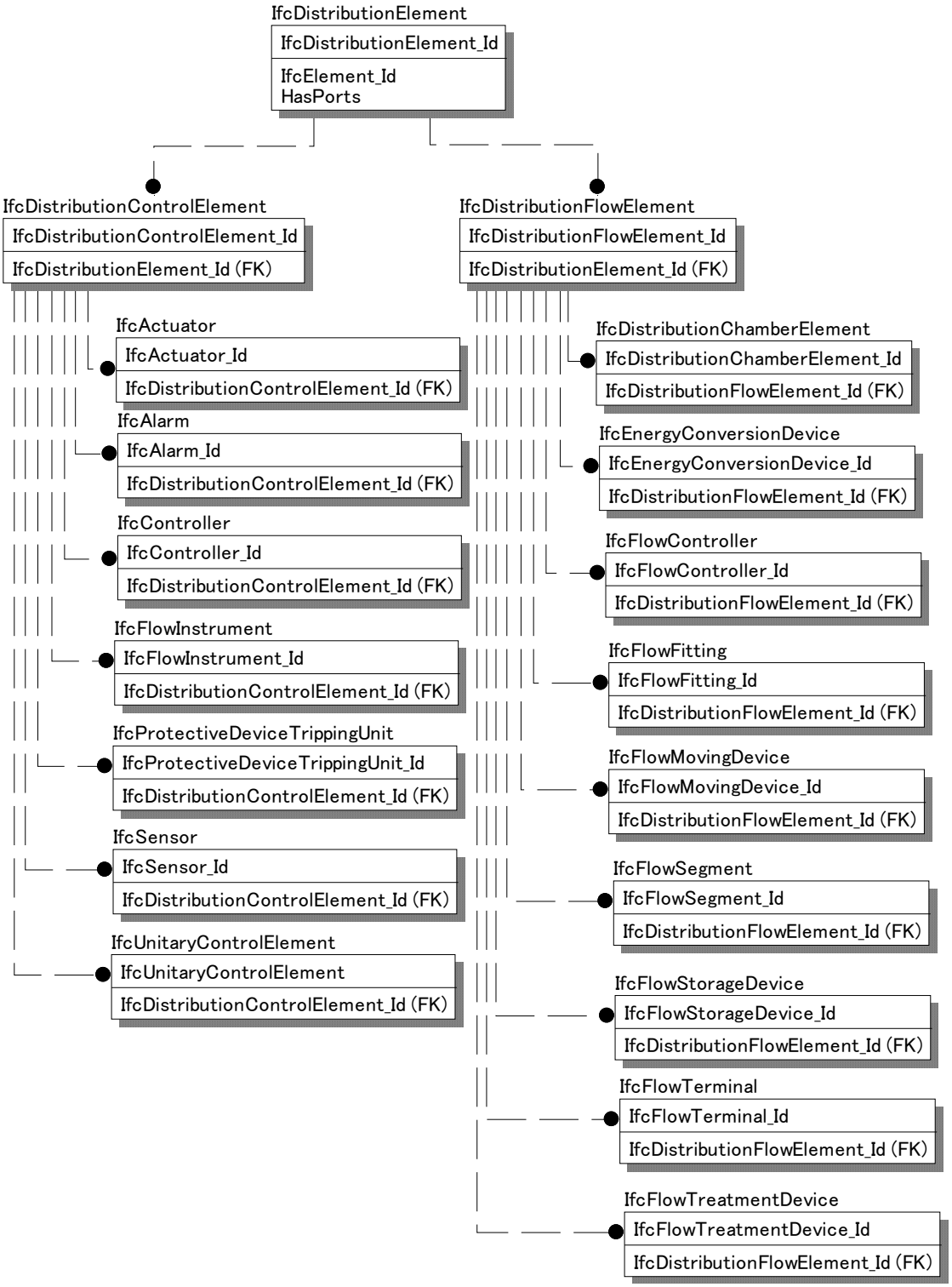


図 6.5　IfcDistributionElement の子エンティティ

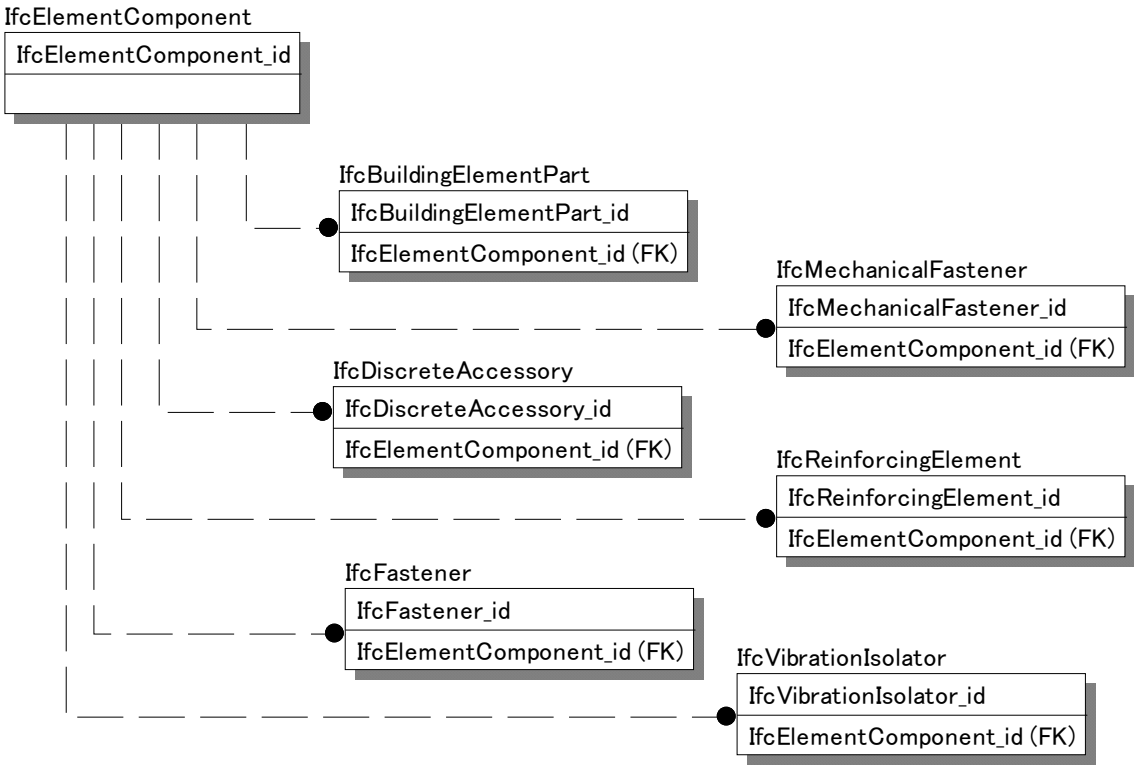


図 6.6　IfcElementComponent の子エンティティ

さらに, IFC4 で新たに定義された IfcFlowMovingDevice(図 6.5)の子エンティティは, 図 6.7 のとおりである．コンプレッサー，送風機，ポンプが定義されている．

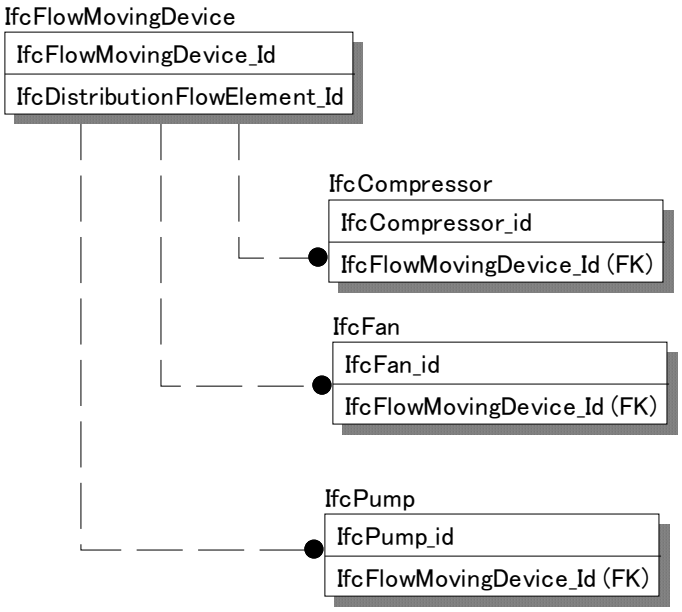


図 6.7　IfcFlowMovingDevice の子エンティティ

物理要素(IfcFlowMovingDevice)は，IfcBuildingStorey（建物階），IfcMaterial（材質），IfcPropertySet（属性データのセット），IfcPumpType(ポンプの場合)と関連付けられている．その ER 図は，図 6.8 のとおりである．

これらの関係により，モノの設置場所，モノの持つ属性データ（材質，仕様等）を表現している．

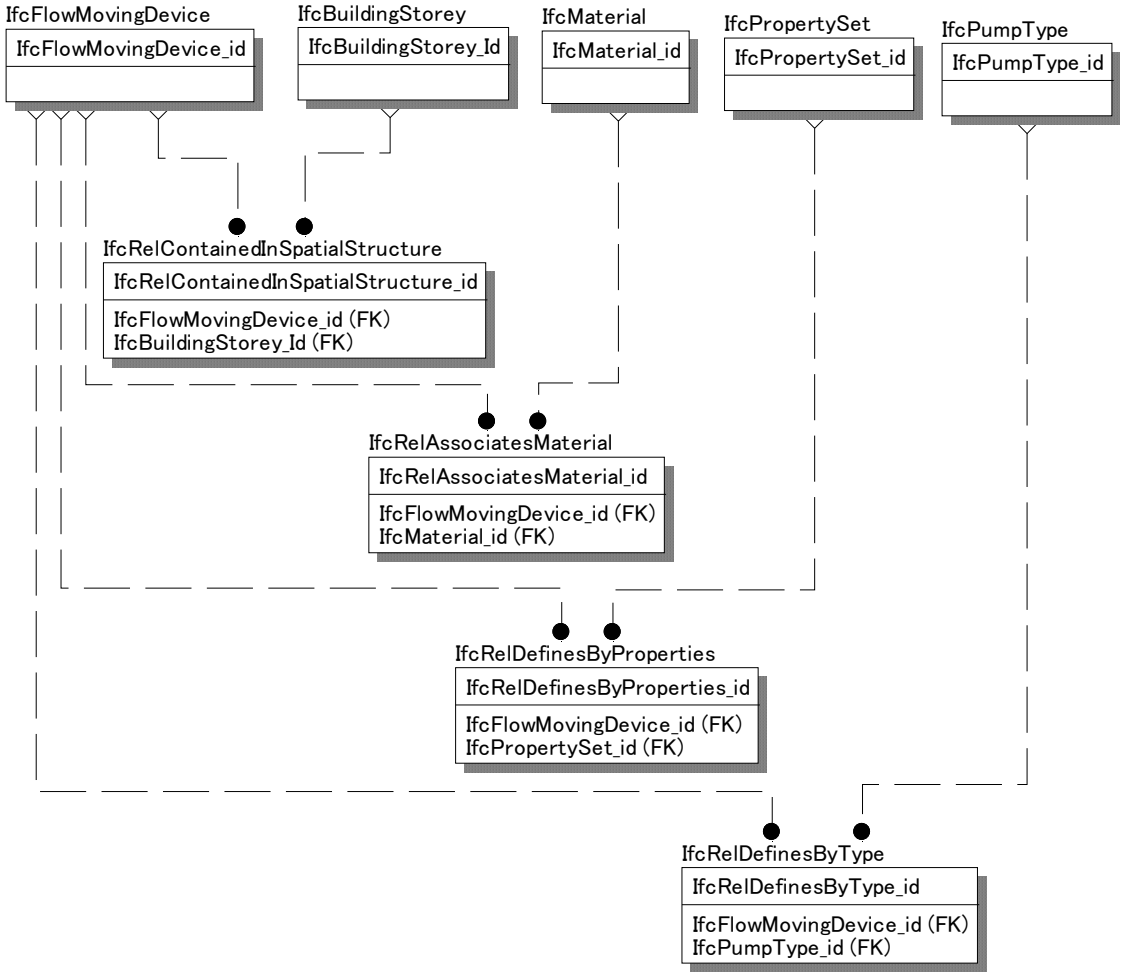


図 6.8　物理要素の関連付け

6.2.　エンティティ

(1)空間要素

概念データモデルの３階層目（例えば，最終沈殿池施設等）を既に定義されている IfcSpace で表現すればよいので，下水道用の新たな定義は不要である．現時点で BIM ソフトウェアに実装されていないので詳細な機能は不明であるが，IfcSpace よりも IfcSpatialZone の方が使いやすいのではないかと思われる．

下水道に必要な属性データについては，プロパティセットを作成する．

(2)物理要素

土木施設の防食塗装は IfcWall を用い，極めて薄い壁として表現する．蓋は IfcSlab，柵，越流堰版，流出水路銅版張りなどは IfcWall を用いる．いずれも，必要な属性データについては，プロパティセットを作成する．

機械・電気設備は IfcDistributionFlowElement の 9 個の子エンティティ（図 6.5）を最大限活用することとする．IfcFlowController，IfcFlowFitting，IfcFlowSegment，IfcFlowTerminal，IfcFlowTreatmentDevice により，配管，配線，ダクト，ケーブルラックの表現が可能であり，IFC 検定が実施されている等，成熟度の高い範囲であるので，下水道用に手を加える必要はない．

機器に関しては, 未定義の機器について IfcFlowMovingDevice, IfcFlowStorageDevice のどちらかの子エンティティとして定義する．送風機が IfcFan として IFC4 で追加されたケース(図 6.7)と同様である．

例えば，汚泥脱水機は，IfcSludgeDewateringDevice として IfcFlowMovingDevice の子エンティティとして，汚泥かき寄せ機は IfcSludgeCollector，スカムスキマーは IfcScumSkimmer，散気装置は IfcAirDiffuser，撹拌機は IfcMixer，ゲートは IfcGate として IfcFlowStorageDevice の子エンティティとして定義する．追加したエンティティは，図 6.9，6.10 のとおりである．

IfcFlowMovingDevice と IfcFlowStorageDevice の使い分けは, 当該装置の中で何らかの処理を行うものは IfcFlowMovingDevice，槽内で何らかの動作を行うものは IfcFlowStorageDevice とした．

例えば，汚泥脱水機は，含水率 96%程度の汚泥を 80%程度の脱水ケーキにその装置内で変換するので IfcFlowMovingDevice，汚泥かき寄せ機は沈殿池内で汚泥を集めるために動作するが装置内で処理を行っているわけではないので IfcFlowStorageDevice とした．

この区分けについては，今後，IAI 日本と協議をしたいと考えている．

なお，現時点の BIM ソフトウェアへの実装の観点から，必要な属性データは，IfcFlowMovingDevice，IfcFlowStorageDevice のプロパティセットを作成する．

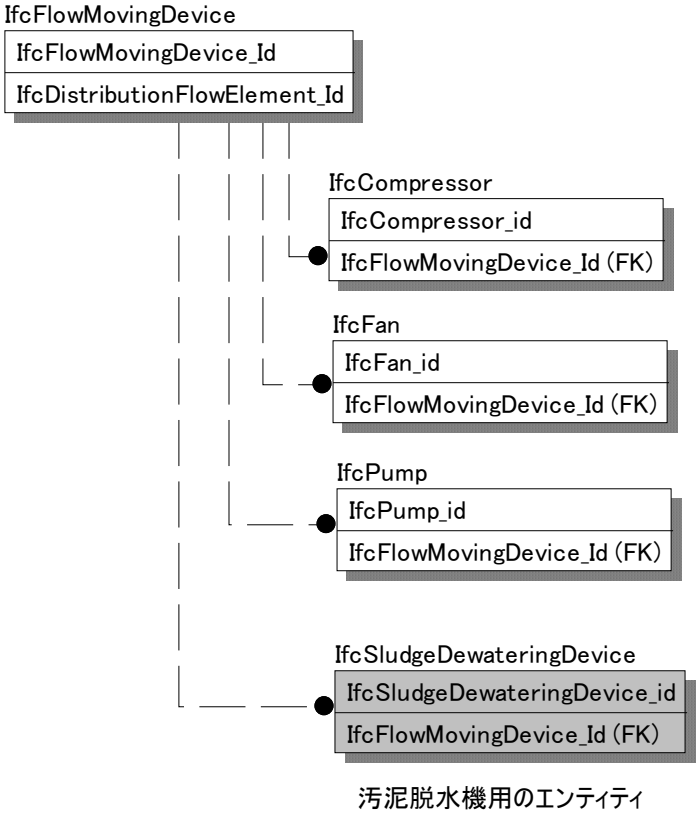


図 6.9　IfcFlowMovingDevice に追加したエンティティ

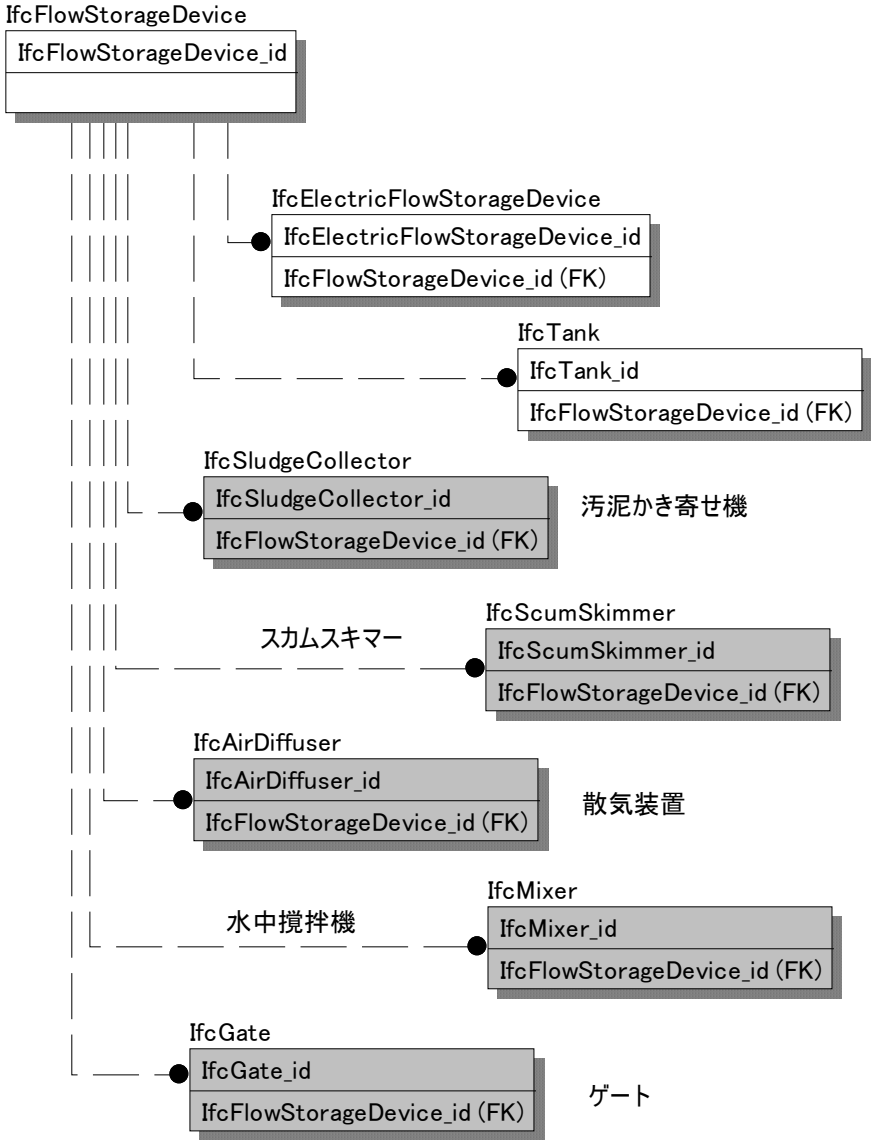


図 6.10　IfcFlowStorageDevice に追加したエンティティ

6.3. プロパティセット

プロパティセットは，IFC により定義されているものと独自のものがある．表 6.1 は，IfcPump に定義されているプロパティセットである．Pset_Condition(ある時点における，FM 要素の状態・状況を規定する属性情報)，Pset_PumpTypeCommon(ポンプタイプ共通属性)等 13 種類のプロパティセットと 89 種類の属性データが定義されている．

独自のものとして，表 6.2 に，BIM ソフトウェア(Rebro)により出力された水中ポンプのプロパティセットの例(Pset_Rebro_PartsData)を示す．

表 6.1　IfcPump のプロパティセット（1/4）

Name	attributes	説明
Pset_Pump Occurrence	ImpellerDiameter	羽根直径: 幾何学的に似たポンプの性能を予測するのに使われる。
	BaseType	基礎タイプ: ポンプ基礎の一般的な型を定義する(フレーム、(コンクリ)基礎、なし、その他)
	DriveConnectionType	駆動接続タイプ: ポンプの動力機械がポンプに接続される方法(直動、ベルト、カップリング、その他)
Pset_Pump PHistory	MechanicalEfficiency	機械効率: ポンプの稼動時の機械効率
	OverallEfficiency	全効率: ポンプとモーターの運用全効率
	PressureRise	昇圧: 上がった圧力
	RotationSpeed	回転速度: ポンプ回転速度
	Flowrate	流量: 実際の運用流量
	Power	動力: ポンプの実動力消費
Pset_Pump TypeCommon	Reference	参照記号: このプロジェクトにおける参照記号(例：A-1)。分類コードではなく内部で使用されるプロジェクトタイプとして使用されるもの。
	Status	状態: 要素（主にリノベーションまたは改修プロジェクトにおいて）の状態。 状態は、「新規(New)」－新しく追加される要素。「既存」－要素は存在し、かつ残りもの。「破壊」－要素は存在したが、廃棄されるもの。「一時的」－－時的に存在する要素（一時的にサポートしている構造のようなもの）。
	FlowRateRange	流量範囲: 指定された抵抗に対してポンプでくみ上げ可能な流対量の許容範囲
	FlowResistanceRange	流体抵抗の範囲: 流体をポンプでくみ上げる際の摩擦抵抗の許容範囲
	ConnectionSize	接続サイズ: ポンプの入出の接続サイズ
	TemperatureRange	温度範囲: 流体温度の許容範囲
	NetPositiveSuctionHead	正味吸入側水頭: キャビテーションを防ぐポンプ入口の最小限の流体圧力
	NominalRotationSpeed	通常の回転速度: 多目的な状況の下でのポンプの回転速度
Pset_Sound Generation	SoundCurve	音響（騒音？）曲線: オクターブバンド1pW（10^(-12)の音の強さを基準とする音の周波数とデシベル単位で計測した音のエネルギーの一覧表。

表 6.1　IfcPump のプロパティセット（2/4）

Name	attributes	説明
Pset_Electrical Device Common	RatedCurrent	The current that a device is designed to handle.
	RatedVoltage	The voltage that a device is designed to handle.
	NominalFrequencyRange	The upper and lower limits of frequency for which the operation of the device is certified.
	PowerFactor	The ratio between the rated electrical power and the product of the rated current and rated voltage
	ConductorFunction	Function of a line conductor to which a device is intended to be connected where L1, L2 and L3 represent the phase lines according to IEC 60446 notation (sometimes phase lines may be referenced by color [Red, Blue, Yellow] or by number [1, 2, 3] etc). Protective Earth is sometimes also known as CPC or common protective conductor. Note that for an electrical device, a set of line conductor functions may be applied.
	NumberOfPoles	The number of live lines that is intemnded to be handled by the device.
	HasProtectiveEarth	Indicates whether the electrical device has a protective earth connection (=TRUE) or not (= FALSE).
	IP_Code	IEC 60529 (1989) Classification of degrees of protection provided by enclosures (IP Code).
	InsulationStandardClass	Insulation standard classes provides basic protection information against electric shock. Defines levels of insulation required in terms of constructional requirements (creepage and clearance distances) and electrical requirements (compliance with electric strength tests). Basic insulation is considered to be shorted under single fault conditions. The actual values required depend on the working voltage to which the insulation is subjected, as well as other factors. Also indicates whether the electrical device has a protective earth connection.
Pset_ Condition	AssessmentDate	評価日: 全体状況を評価した日。
	AssessmentCondition	評価状態: 様々な基準を用いた評価による製品に関する全体的な状態。評価された状態値の意味は、ローカル協定によって同意され、文書化されなければならない。例えば、状態を1から10の値で計測したり、Good, Ok, Poor等で表す。
	AssessmentDescription	評価記述: 状態に関する定性的な記述。

表 6.1　IfcPump のプロパティセット（3/4）

Name	attributes	説明
Pset_ Environmental Impact Indicators	Reference	参照記号: このプロジェクトのための参照記号。
	FunctionalUnitReference	機能単位参照: データベースやクラスへの参照。
	Unit	単位: 関連する環境指数値の数量単位。
	LifeCyclePhase	ライフサイクルフェーズ: 環境データが有効であるライフサイクル全てまたは特定の段階。
	ExpectedServiceLife	期待される耐用期間: 数年間の期待される耐用年数。
	TotalPrimaryEnergy ConsumptionPerUnit	単位あたり全一次エネルギ消費: ISO21930:2007で定義されたエネルギー消費量。
	WaterConsumptionPerUnit	単位あたり水使用: リットル単位で表現された水の消費量。
	HazardousWastePerUnit	単位あたり有害廃棄物: 生成された有害な廃棄量。
	NonHazardousWastePer Unit	単位あたり非有害廃棄物: 生成された無害な排気量。
	ClimateChangePerUnit	単位あたり気候変動: CO2で計算された温室効果ガスの放出量
	AtmosphericAcidification PerUnit	単位あたり大気酸性化: SO2で計算される大気の酸性化に影響するガスの量。
	RenewableEnergy ConsumptionPerUnit	単位あたり再生可能エネルギ消費: ISO21930:2007で定義される再生可能エネルギーの使用量。
	NonRenewableEnergy ConsumptionPerUnit	単位あたり再生不可エネルギ消費: ISO21930:2007で定義される非再生エネルギーの使用量。
	ResourceDepletionPerUnit	単位あたり資源消費: アンチモンで計算される資源の使用量。
	InertWastePerUnit	単位あたり不活性廃棄物: 生成された安定廃棄物の量。
	RadioactiveWastePerUnit	単位あたり放射性廃棄物: 生成された放射性廃棄物の量。
	StratosphericOzoneLayer DestructionPerUnit	単位あたり成層圏オゾン層破壊: CFC-R11で計算される成層圏のオゾン層を破壊するガスの量。
	PhotochemicalOzone FormationPerUnit	単位あたり光化学オゾン生成: エチレンで計算される光化学物質オゾンを生成するガスの量。
	EutrophicationPerUnit	単位あたり富栄養化: PO4で計算される富栄養化する化合物の量。
Pset_ Environmental Impact Values	TotalPrimaryEnergy Consumption	主なエネルギー消費の総量: ISO21930:2007.で定義されているエネルギー量。
	WaterConsumption	水消費量: 水の消費量。
	HazardousWaste	有害廃棄物: 生成される有害廃棄物の量。
	NonHazardousWaste	一般廃棄物: 生成される一般廃棄物の量。
	ClimateChange	気候変化: 算出されたCO2と等しい放出される温室効果ガスの量。
	AtmosphericAcidification	大気の酸性化: 算出されたSO2と等しい大気中の酸性化の責任を負うガスの量。
	RenewableEnergy Consumption	継続可能なエネルギー消費量: ISO21930:2007 で定義されている継続可能なエネルギー消費量。
	NonRenewableEnergy Consumption	継続不可能なエネルギー消費量: ISO21930:2007 で定義されている継続不可能なエネルギー消費量。
	ResourceDepletion	資源の枯渇: 算出されたアンチモンと同等な資源の量。
	InertWaste	安定廃棄物: 生成される安定廃棄物の量。
	RadioactiveWaste	放射性廃棄物: 生成される放射性廃棄物の量。
	StratosphericOzoneLayer Destruction	大気オゾン層破壊: 算出された CFC-R11と等しい大気オゾン層を破壊するガスの量。
	PhotochemicalOzone Formation	光化学オゾン生成: 算出された エチレンと等しい光化学オゾン層を生成するガスの量。
	Eutrophication	富栄養化: 算出されたPO4と等しい富栄養化を混合する量。

表 6.1　IfcPump のプロパティセット（4/4）

Name	attributes	説明
Pset_ Manufacturer Occurrence	AcquisitionDate	The date that the manufactured item was purchased.
	BarCode	The identity of the bar code given to an occurrence of the product.
	SerialNumber	The serial number assigned to an occurrence of a product.
	BatchReference	The identity of the batch reference from which an occurrence of a product is taken.
	AssemblyPlace	Enumeration defining where the assembly is intended to take place, either in a factory, other offsite location or on the building site.
Pset_ Manufacturer Type Information	GlobalTradeItemNumber	The Global Trade Item Number (GTIN) is an identifier for trade items developed by GS1 (www.gs1.org).
	ArticleNumber	Article number or reference that is be applied to a configured product according to a standard scheme for article number definition as defined by the manufacturer. It is often used as the purchasing number.
	ModelReference	The model number or designator of the product model (or product line) as assigned by the manufacturer of the manufactured item.
	ModelLabel	The descriptive model name of the product model (or product line) as assigned by the manufacturer of the manufactured item.
	Manufacturer	The organization that manufactured and/or assembled the item.
	ProductionYear	The year of production of the manufactured item.
	AssemblyPlace	Enumeration defining where the assembly is intended to take place, either in a factory or on the building site.
Pset_Packing Instructions	PackingCareType	荷造り注意タイプ: 引越しの最中の品物の取り扱いに要求される、あらかじめ定義されている注意タイプの識別子： Fragile: 注意深い取り扱いをしないと壊れる品物。HandleWithCare: 注意深い取り扱いでしないと損害を受ける品物。
	WrappingMaterial	包装材料: 品物の包装に使用される材料に関する特記事項。
	ContainerMaterial	コンテナー材料: 品物の収容するのに使用される材料に関する特記事項。
	SpecialInstructions	特記事項: 荷造りに関する特記事項。
Pset_Service Life	ServiceLifeDuration	The length or duration of a service life. The lower bound indicates pessimistic service life, the upper bound indicates optimistic service life, and the setpoint indicates the typical service life
	MeanTimeBetweenFailure	The average time duration between instances of failure of a product.
Pset_Warranty	WarrantyIdentifier	The identifier assigned to a warranty.
	WarrantyStartDate	The date on which the warranty commences.
	WarrantyEndDate	The date on which the warranty expires.
	IsExtendedWarranty	Indication of whether this is an extended warranty whose duration is greater than that normally assigned to an artefact (=TRUE) or not (= FALSE).
	WarrantyPeriod	The time duration during which a manufacturer or supplier guarantees or warrants the performance of an artefact.
	PointOfContact	The organization that should be contacted for action under the terms of the warranty. Note that the role of the organization (manufacturer, supplier, installer etc.) is determined by the IfcActorRole attribute of IfcOrganization.
	WarrantyContent	The content of the warranty.
	Exclusions	Items, conditions or actions that may be excluded from the warranty or that may cause the warranty to become void.

表 6.2　Pset_Rebro_PartsData の例

id	Name	NominalValue
3161	要素カテゴリ	機器・器具
3162	要素	ポンプ類
3163	名称	水中ポンプ
3164	要素タイプ	Facility.Machine.Pump
3165	要素ID	614
3166	外部参照ID	0
3167	部材ID	GUID¥2-03-05-04-001¥100¥40
3168	機器番号	
3169	枝番号	
3170	型番	
3171	メーカー名	
3172	相	
3173	極数	
3174	電圧[V]	
3175	設置区分	水中
3176	備考	
3177	用途の種類	

例えば，汚泥かき寄せ機(IfcSludgeCollector)のプロパティセット(Pset_SludgeCollector)は，表 6.3 のようになる．

表 6.3　Pset_SludgeCollector の例

id	項目	小項目		仕様
1	型式	1		チェーンフライト式
2	池寸法	1	幅	3,100㎜
		2	長さ	27,000㎜
		3	水深	3,500㎜
3	水平軸心距離	1	上部軸心間距離	9,000㎜
4		2	下部軸心間距離	23,300㎜
5	かき寄せ速度	1		0.3　m/min
6	フライト	1	長さ	2,400㎜
		2	巾	180mm
		3	厚	50mm
		4	本数	19本
7	電動機	1		0.75kW×4P
8	電源	1		400V×60Hz
9	駆動方式	1		1池1駆動
10	本体チェーン破断強度	1		137．2kN以上
11	フライト材質	2		合成木材
12	減速機カバー	3		有
13	給油装置	4		10口数/基

7. 維持管理へのデータハンドオーバー

7.1. 概要

BIM/CIM は，形状データだけでなく属性データ（プロパティセット）も管理している点に特徴がある．よって，調査，設計，発注，建設といったそれぞれのプロセスで発生するデータで BIM/CIM ソフトウェアで管理しているデータのうち, 維持管理に必要なデータを抽出することができれば，維持管理初期データの作成が効率的に行えることになる．

システム概念図は，図 7.1 のとおりである．

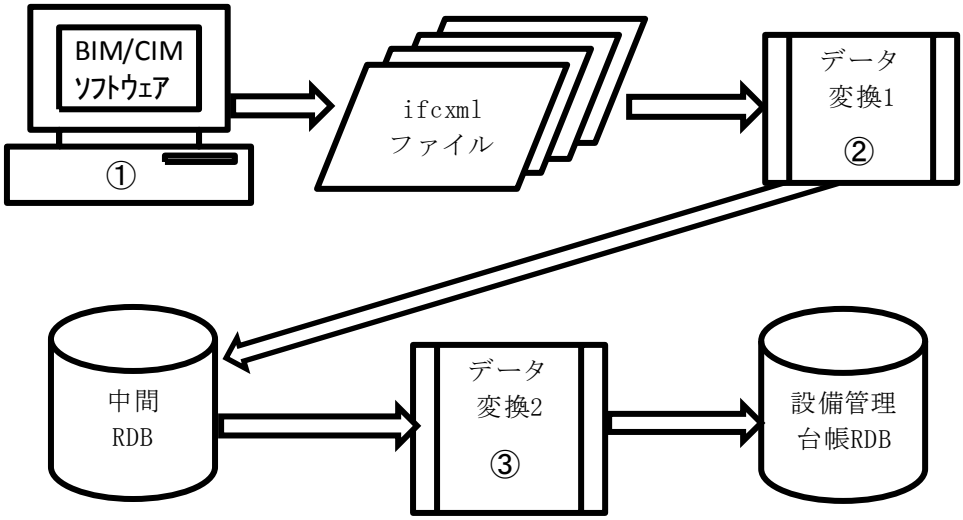


図 7.1　システム概念図

システムの主な機能としては，①BIM/CIM ソフトウェアから維持管理に必要なデータを ifcxml ファイル形式での出力，②ifcxml ファイルの取り込み，中間 RDB へのデータ変換・登録，③設備管理台帳 RDB と中間 RDB とのデータマッピング（マスターコード設定含む)，設備管理台帳 RDB へのデータ変換・登録となる．なお，設備管理台帳 RDB は多種多様であり，個別にデータ変換処理を行うことは効率的ではないことから，中間 RDB を設け，システムの拡張性や柔軟性を確保するものである．

7.2. ifcxml ファイル

ifcxml ファイルは，モデル全体をファイル出力すると形状データ等を含んでいるためデータ数が非常に多くなる．例えば，汚泥処理棟では約 720 万行(ifc ファイルの場合約 120 万行)のデータになる．

よって，BIM/CIM ソフトウェアからの出力段階で必要なデータのみを抽出することが効率的である．具体的には，形状や座標といった 3 次元表現に関するデータは対象外とするような変換プログラムを開発することになる．

7.3. 中間ＲＤＢ

IfcFlowMovingDevice の中間 RDB のＥＲ図は，図 7.2，各エンティティの値の例は，表 7.1 のとおりである．

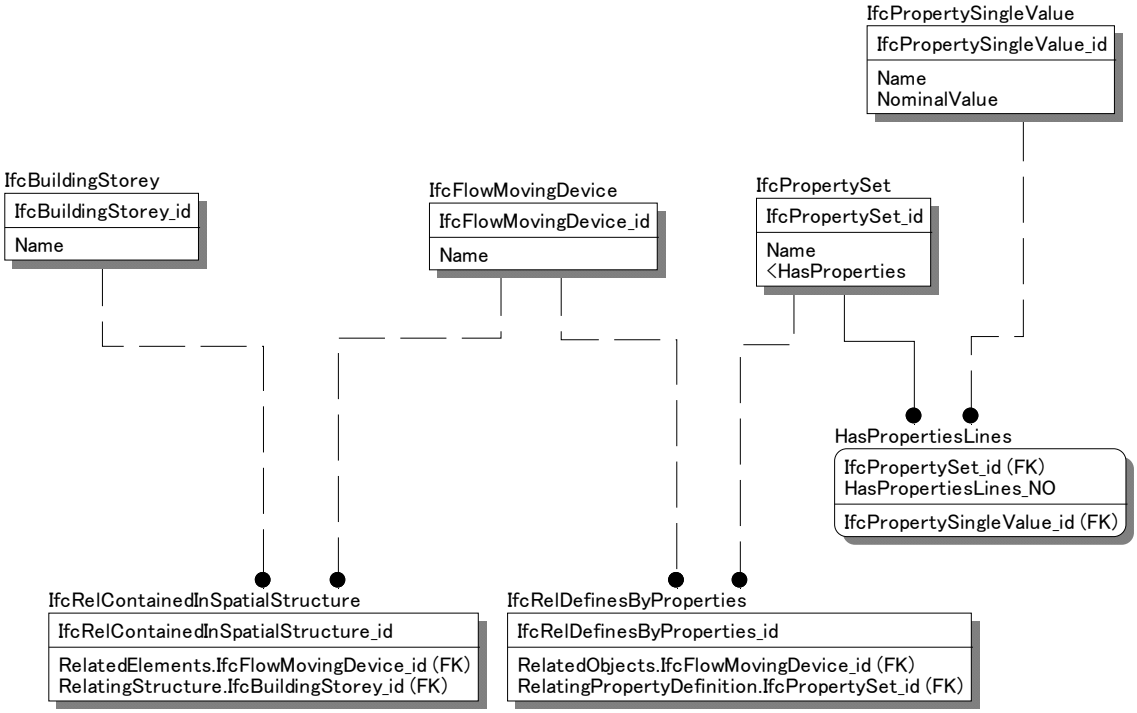


図 7.2　中間 RDB の ER 図

表 7.1　中間 RDB 各エンティティの値の例

IfcBuildingStorey

id	Name
i1735	1FL

IfcFlowMovingDevice

id	Name
i6328	渦巻ポンプ

IfcRelContainedInSpatialStructure

id	RelatedElements	RelatingStructure
i6344	i6328	i1735

IfcPropertySingleValue

id	Name	NominalValue
i6403	メーカー名	ＸＸ株式会社
i6413	揚程最大[m]	12.8

IfcPropertySet

id	Name
i6417	Pset_Rebro_PartsData

HasPropertiesLines

id	NO	IfcPropertySingleValue
i6417	10	i6403
i6417	20	i6413

IfcRelDefinesByProperties

id	RelatedObjects	RelatingPropertyDefinition
i6419	i6328	i6417

中間 RDB に格納するのは，物理要素である IfcFlowMovingDevice，IfcFlowStorageDevice 等の設備機器，IfcDoor，IfcWindow(IfcBuildingElement 関連)等の建具とする．IfcSlab，IfcWall 等の土木・建築の構造部材は設備管理台帳の単位よりも相当細かく，データハンドオーバーの意味が小さいことから，中間RDBの格納対象とはしない．

土木・建築施設は，空間要素である IfcSpace（もしくは，IFC4 で定義された IfcSpatialZone）を格納する．

物理要素以外の対象は，建物階と関連付ける IfcRelContainedInSpatialStructure，プロパティセットと関連付ける IfcRelDefinesByProperties，空間要素である IfcSite，IfcBuilding，IfcBuildingStorey，IfcSpace，及び，IfcProject，プロパティセット関連の IfcPropertySet，IfcPropertySingleValue，それらの関連を格納するために中間 RDB 用に独自に作成した HasPropertiesLines である．HasPropertiesLines は，データベース正規化のためのエンティティでもある．

なお，図 7.1 のとおり中間RDBには複数の ifcxml ファイルを取り込むことになるので，実装では，何らかの主キーを追加する必要がある．

7.4. 設備管理台帳ＲＤＢ

ＪＳが開発・運用している設備管理台帳である「AMDB」の概略ＥＲ図は図 7.3 のとおりである．機器の基本情報が登録・管理されている機器基本仕様に保全台帳，修理案件が結びつく構造である．

機器基本仕様についての詳細なＥＲ図は図 7.4 のとおりである．機器基本仕様に設置場所を意味する設備分類，設備，機器の種類を意味する機器ファミリ，機器タイプが結びついている．

設備分類と設備はコードとしてデータを管理しているので，機器の設置場所による検索や分類・集計等の目的に利用される．設備分類コードは，再帰型のリレーションシップを持っており何階層でも設定できるが，運用上，４階層程度としている．

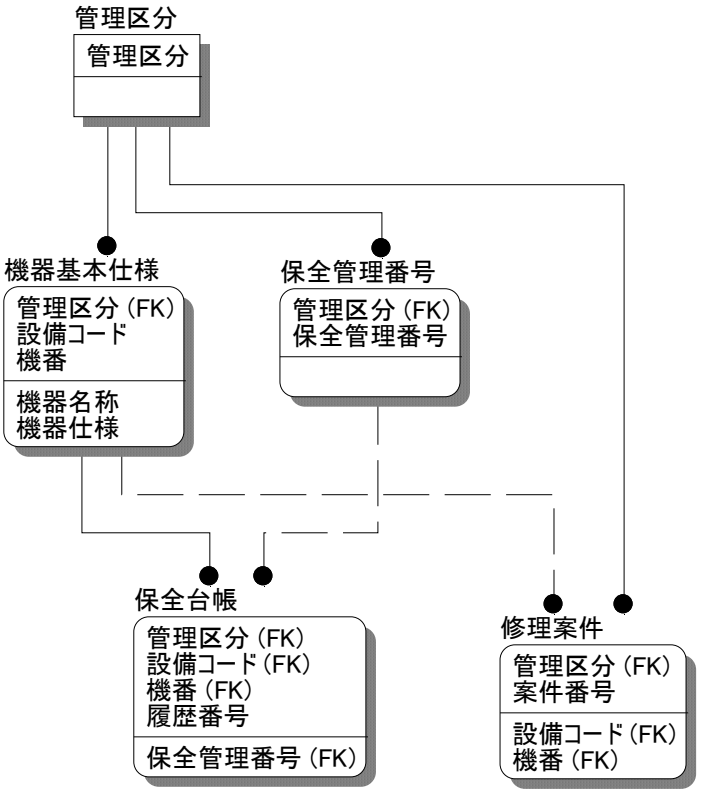


図 7.3 「AMDB」の概略ＥＲ図

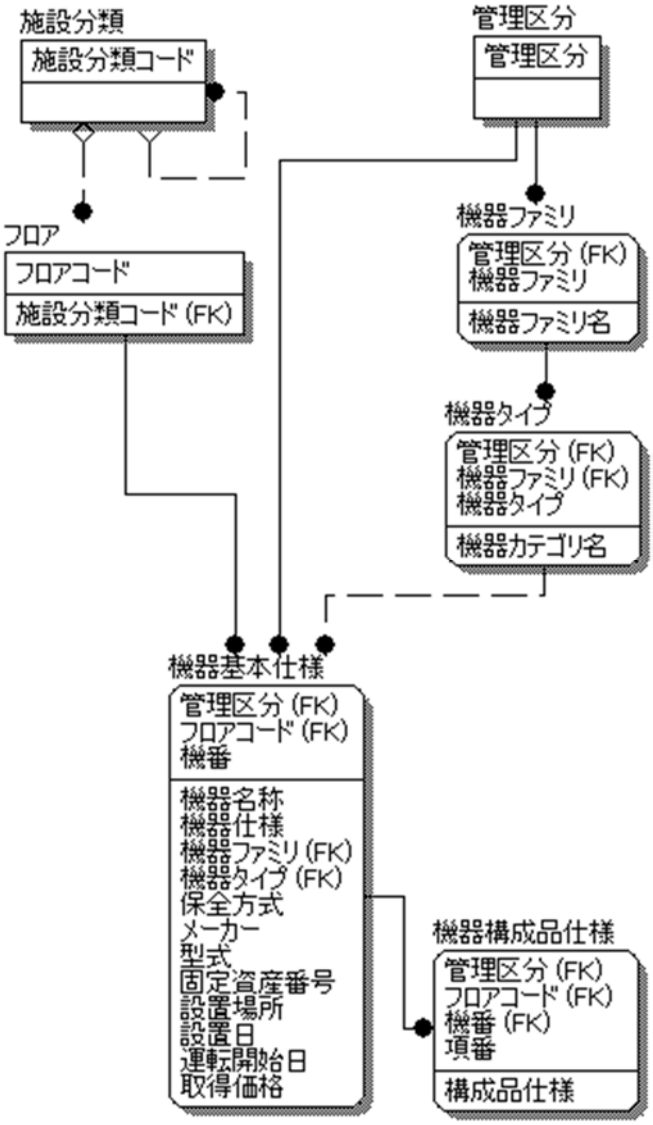


図 7.4 「AMDB」機器基本仕様関連の ER 図（抜粋）

7.5. データマッピング

中間 RDB と「AMDB」との空間要素とのマッピング例は，表 7.2 のとおりである．

表 7.2 空間要素のマッピング例

中間RDB		「AMDB」		データ例
IfcBuildingStorey	Name	フロア	設備コード(名称)	B1(地下1階)
IfcSite	Name	施設分類	1階層(名称)	A(処理場)
IfcSite	Name		2階層(名称)	2127(肱北浄化センター)
IfcBuilding	Name		3階層(名称)	A3(水処理施設)
IfcSpace	Name		4階層(名称)	A3A(最終沈殿池)

物理要素のマッピング例は，表 7.3 のとおりである．

表 7.3　物理要素のマッピングの例

中間RDB		「AMDB」		データ例
IfcFlowMovingDevice	Name	機器基本仕様	機器名称	汚水ポンプ
IfcPropertySingleValue	NominalValue		仕様(揚程)	12.8m
	NominalValue		機器ファミリ	ポンプ
	NominalValue		機器タイプ	水中ポンプ
	NominalValue		メーカー	XX株式会社
IfcSite	Name		設置場所	肱北浄化センター
IfcBuilding	Name			水処理施設
IfcSpace	Name			最終沈殿池
IfcBuildingStorey	Name			地下1階

仕様等の属性データの設定は，まず，中間 RDB の IfcRelDefinesByProperties からその物理要素（例では汚水ポンプ）と関連付けられた IfcPropertySet を探し，さらにそのプロパティセットに関連付けられた IfcPropertySingleValue を HasPropertiesLines から探し出す．

次に，IfcPropertySingleValue の Name と「AMDB」の機器基本仕様のデータ項目とのマッチングを行い，NominalValue を相応しいデータ項目に設定するという処理になる．

IFC は構造化されているので，中間 RDB を正規化して実装することにより，このデータ処理の難易度はそれほど高くならないと思われる．

8. まとめ

本研究では，下水道施設のプロダクトデータモデル構築に際して，JS がプロジェクトマネジメントのために開発した JS 標準 WBS を準用することにより，概念データモデルを構築した．概念データモデルの空間要素については施設 WBS，物理要素については作業 WBS を準用している．

プロダクトデータモデルについては，事実上の国際標準となっている IFC に基づき構築することにした．2.4 章に示すように肱北浄化センターは典型的な中規模処理場であることから，5.4 章に示す概念データモデルを IFC4 のクラスとすれば，大部分をカバーできることになる．IFC4 の既存クラスを調査したところ，IfcBuildingElement，IfcDistributionElement のサブタイプの最下層に不足するクラスを追加することで，モデルが構築できることが判明した．

ただ，現時点の主な BIM/CIM ソフトウェアの実装は ifc2x3 であり，下水道施設用クラスが次期 IFC に反映されるのは当分先になると思われるので，独自のプロパティセットを作成することとした．プロパティセットのデータ項目に際しては，発注仕様書や設備管理台帳のデータ項目を参考に設定することとした．

データハンドオーバーについては，BIM/CIM ソフトウェアから出力される ifcxml ファイルを中間 RDB 経由で設備管理台帳 RDB に連携することとした．

これらの一連の取組みを継続することにより，研究テーマである「下水道施設におけるプロダクトデータモデルの構築及び３次元ＣＡＤデータの効率的な利活用」が可能になると思われる．

今後は，IAI 日本との連携を図り IFC への反映を図っていくとともに，小規模処理場の典型的な水処理方式であるオキシデーションディッチ法の概念データモデル及びプロダクトデータモデルの構築，BIM/CIM の普及に向けた部品ライブラリの整理やモデルの作成要領(LOD 設定)など，モデルを効率的に作成する仕組みづくりにも取り組んでいき，研究成果の早期普及に努める所存である．

参考文献

(インターネットURL)

- buildingSMART International Limited ：Industry Foundation Classes IFC4 Official Release, < http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/>, (入手2015.3.3).
- NYC Department of Design + Construction：DDC BIM Guidelines, <http://www.nyc.gov/html/ddc/downloads/pdf/DDC_BIM_Guidelines.pdf>,(入手2014.9.25).
- 国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課施設評価室：官庁営繕事業におけるBIMモデルの作成及び利用に関するガイドライン, <http://www.mlit.go.jp/report/press/eizen06_hh_000019.html>,(入手2014.8.11).
- The National Institute of Building Sciences：2013-09-13_COBiev2_4_HandoverTemplate.xlsx,<http://www.nibs.org/?page=bsa_cobiemm>,(入手2015.8.13).

(文献)

- 日本規格協会：産業オートメーションシステム及びその統合―製品データの表現および交換―第11部記述法：EXPRESS言語 JIS B 3700-11, 2007.
- 国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道事業課監修：下水道におけるＩＣＴ活用に関する検討会報告書, pp.4-5, 2014.
- 日本下水道協会：下水道維持管理指針 総論編 マネジメント編-2014年版-, 2014.
- 日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説2009年版-, 2009.
- 日本下水道協会：下水道統計(平成24年度版)CD-ROM付(第69号), 2014.
- 国土交通省水管理・国土保全局下水道部：下水道事業の手引き, pp.345-349, 日本水道新聞社, 2013.
- 有賀貴志, 矢吹信喜, 新井泰：変状データを含む開削トンネルのプロダクトモデルの構築, 土木学会論文集F3(土木情報学), Vol.68, No1, 58-70, 2012.
- CIM技術検討会：CIM技術検討会　平成24年度報告, 2013.
- CIM技術検討会：CIM技術検討会　平成25年度報告, 2014.

(資料他)

- IAI日本：IAI日本2015年度第1回セミナー配布資料, (入手2015.6.2).
- IAI日本：IAI日本2013年度第1回セミナー配布資料, (入手2015.7.10).
- 足達嘉信：IFC(Industry Foundation Classes)概論, (入手2015.7.24).

様式－３－３

DEVELOPMENT OF PRODUCT DATA MODEL WITH EFFICIENT USE OF 3D CAD DATA FOR SEWERAGE FACILITIES

Tsuji K.,[1] Fukuda Y.,[1] Togashi T.[1]
[1]Japan Sewage Works Agency

There are 2,200 municipal WWTPs, and the total length of sewer pipes has stretched 450,000km in Japan. An adequate and efficient operation and maintenance (O&M) of these massive sewerage facilities is the urgent task. WWTPs have various kinds of machinery and equipment with them. These facilities are time-consuming for O&M and require periodic retrofitting and updating because of their relatively short service lives.
Japan Sewage Works Agency (JS) decided to adopt BIM/CIM into the field of sewage works to solve these problems. The adoption of BIM/CIM started with a development of Product Data Model of sewerage facilities. For this primary stage, the Work Breakdown Structure (WBS) of JS internal standard was utilized, which JS has developed and operated as a tool of Project Management.
Our study, which is the first try in the field of water works in Japan, made clear that the Product Data Model of sewerage facilities can be completed with the just simple addition of the needed classes to Industry Foundation Classes (IFC) as the de facto global standard. The needed classes should be added to the lowest level of Building Element subtype or Distribution Element subtype in the existing class of IFC4.
In addition, we examined Data Handover from the construction phase to O&M phase. The result of examination demonstrated that the XML file outputted from BIM/CIM software should go through an intermediate Relational Database (RDB) and coordinate with an RDB of facilities management ledger to secure the flexibility and scalability of the system.
This study can accelerate the application of 3D model into water works both in Japan and overseas.

***KEYWORDS*:** *Sewerage, BIM/CIM, 3-D model, IFC, Product model*

様式－３－２

研究成果の要約

助成番号	助成研究名	研究者・所属
第 2014-06 号	下水道施設におけるプロダクトデータモデルの構築及び３次元ＣＡＤデータの効率的な利活用－本格的な維持管理時代到来における情報共有に向けて－	辻　幸志 日本下水道事業団 東日本設計センター

下水道施設は,処理場施設,ポンプ場施設,管路施設などにより構成されている．それらのストックは，処理場施設が約 2,200 箇所,ポンプ場施設が約 3,600 箇所，管路施設が約 45 万 km と膨大なものであり,適切かつ効率的な運営・管理が喫緊の課題となっている．

日本下水道事業団（以下，ＪＳ）では，これら課題の解決のため処理場施設とポンプ場施設への BIM/CIM 導入に取り組んでいる．

これら施設は，工種が多岐にわたることから施工が複雑になることが多い．また,機械・電気設備の構成割合が高いことから維持管理に手間がかり，さらに耐用年数が短いことから改築・更新の必要性も高い．したがって，BIM/CIM 導入の効果が大きい施設といえる．

一方，処理場施設の運営・管理のためには設備管理台帳が必須であるが，そのデータベース化率は 40%程度に過ぎない．また，点検・調査履歴等の維持管理情報が入力されている設備管理台帳は 30%程度にとどまっている．

このように設備管理台帳は有効活用されているとは言いがたい状況にあり，その原因の一つが，維持管理初期データ作成プロセスにある．設備管理台帳に登録するために完成図書からデータを抽出･加工することになるが,多くの費用と時間を要するプロセスとなっている．

そこで，ＪＳがプロジェクトマネジメントのためのツールとして開発・運用しているＪＳ標準 WBS を活用し，下水道施設のプロダクトデータモデルを構築することとした．

プロダクトデータモデルを活用することにより，異なる CAD 間のデータ交換が円滑になるだけでなく，リレーショナルデータベース(RDB)との連携も可能になる．

モデル構築には，プロトタイプによる開発と検証を短期間で繰り返すことにより，モデルの精度を高めていくスパイラルアップ・アプローチを，データの効率的な利活用については，データ（属性）そのものに着目したデータ中心アプローチを採用した．

プロダクトデータモデルについては，事実上の国際標準となっている IFC に基づき構築することにした．IFC4 の既存クラスを調査したところ，IfcBuildingElement，IfcDistributinElement のサブタイプの最下層に不足するクラスを追加すればよいことが判明した．

しかしながら，現時点の BIM/CIM ソフトウェアの実装は IFC2x3 であり，下水道施設用クラスが実装されるのは当分先になると思われるので，ここしばらくの対応として独自のプロパティセットを作成することとした．プロパティセットのデータ項目に際しては,発注仕様書や設備管理台帳のデータ項目を参考に設定することとした．

建設から維持管理へのデータハンドオーバーについては，BIM/CIM ソフトウェアから出力される ifcxml ファイルを中間 RDB 経由で設備管理台帳 RDB に連携することとした．中間 RDB は，システムの柔軟性や拡張性の確保を狙いとして設置したものである．

本研究開始時点で，下水道施設のプロダクトデータモデルは構築されておらず，本研究が本邦初の取り組みであった．

日本の下水道ストックは膨大でありモデルの適用範囲は極めて大きい．また，施設・設備構成が類似している水道施設や海外水事業への適用も期待できる．