

第Ⅱ編

耐震・耐津波対策の現状と今後の進め方

第1章 耐震・耐津波対策の現状と課題

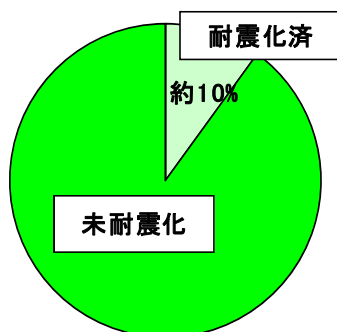
1-1 下水道施設の耐震対策の現状

下水道施設の耐震対策の現状について、レベル2地震動への対応が示された1997年指針の策定前である平成9年度以前に発注工事された処理施設及び管路(重要な幹線)を対象として整理する。また、耐震化促進への取り組み状況として、下水道総合地震対策事業の実施状況を整理する。

(1) 1997年指針策定以前(平成9年度以前)に工事発注された処理場・管路の耐震化状況

1) 処理場の耐震化状況

平成9年度以前に工事発注された水道水源地域における水処理施設(消毒施設)について、平成22年度末時点での耐震化率(レベル2対応済み)は約10%である。(図Ⅱ-1-1)



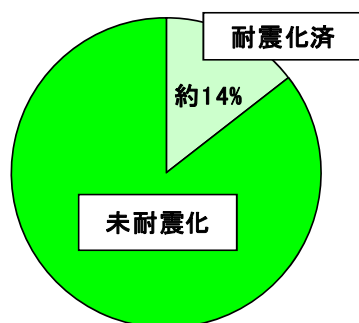
※岩手県・宮城県・福島県を除く

図Ⅱ-1-1 平成9年度以前に工事発注された水道水源地域における水処理施設(消毒施設)の耐震化状況(レベル2対応)

※H23 国土交通省調べ

2) 管路の耐震対策状況

平成9年度以前に工事発注された管路(重要な幹線)について、平成22年度末時点での耐震化率(レベル2対応済み)は約14%である。(図Ⅱ-1-2)



※岩手県・宮城県・福島県を除く

図Ⅱ-1-2 平成9年度以前に工事発注された重要な幹線の耐震化状況(レベル2対応)
※H23 国土交通省調べ

(2) 耐震化促進への取組状況

国土交通省では、重要な下水道施設の耐震化を図る「防災」や、被災を想定して被害の最小化を図る「減災」を組み合わせた総合的な地震対策を推進するための事業制度として、下水道総合地震対策事業を実施している。

本事業を実施している公共下水道及び流域下水道は、表Ⅱ-1-1に示すとおり（平成22年7月末時点）、下水道地震対策緊急整備事業（旧事業）での実施及び事業が完了した箇所を含め、全国180箇所である。

表Ⅱ-1-1 下水道総合地震対策事業を実施している公共下水道及び流域下水道一覧(国土交通省調べ)

公共下水道(130箇所)

都道府県	市町村等	計画策定状況
1 北海道	札幌市	※
2 青森県	青森市	※※
3 岩手県	盛岡市	H22.3.19計画策定
4 岩手県	二戸市	H23.11.8計画策定
5 宮城県	仙台市	※
6 宮城県	多賀城市	H22.12.28計画策定
7 宮城県	東松島市	※
8 宮城県	女川町	H21.10.26計画策定
9 群馬県	前橋市	※
10 埼玉県	さいたま市	※
11 埼玉県	所沢市	H22.2.18計画策定
12 埼玉県	川口市	※
13 千葉県	千葉市	H22.6.23計画策定
14 千葉県	松戸市	※
15 千葉県	船橋市	H21.8.4計画策定
16 千葉県	我孫子市	H21.8.4計画策定
17 千葉県	袖ヶ浦市	H21.8.4計画策定
18 千葉県	白井市	H21.8.4計画策定
19 千葉県	栄町	H21.8.4計画策定
20 東京都	区部	H23.3.4計画策定(変更)
21 東京都	八王子市	※
22 東京都	三鷹市	※
23 東京都	国分寺市	※
24 東京都	清瀬市	※
25 東京都	国立市	H21.8.5計画策定
26 東京都	昭島市	H21.8.5計画策定
27 東京都	小平市	H21.12.15計画策定
28 東京都	あきる野市	H21.12.15計画策定
29 東京都	立川市	H22.2.22計画策定
30 東京都	町田市	H22.2.22計画策定
31 東京都	狛江市	H22.2.22計画策定
32 東京都	東久留米市	H22.2.22計画策定
33 東京都	調布市	H22.3.31計画策定
34 東京都	小金井市	H22.3.31計画策定
35 東京都	日上市	H23.2.10計画策定
36 神奈川県	横浜市	H23.3.29計画策定
37 神奈川県	川崎市	H22.3.31計画策定
38 神奈川県	横須賀市	※
39 神奈川県	鎌倉市	※
40 神奈川県	茅ヶ崎市	※
41 神奈川県	秦野市	※
42 神奈川県	小田原市	H22.3.3計画策定
43 新潟県	新潟市	H21.9.24計画策定
44 新潟県	長岡市	H21.7.10計画策定
45 新潟県	柏崎市	H21.10.28計画策定
46 新潟県	十日町市	H21.6.26計画策定
47 新潟県	糸魚川市	H21.6.26計画策定
48 新潟県	魚沼市	※
49 新潟県	南魚沼市	H22.1.26計画策定
50 新潟県	湯沢町	※
51 新潟県	津南町	H21.9.15計画策定
52 新潟県	出雲崎町	※
53 新潟県	弥彦村	※
54 石川県	金沢市	※
55 山梨県	甲府市	※
56 山梨県	山梨市	H21.5.21計画策定
57 山梨県	南アルプス市	H21.5.21計画策定
58 山梨県	甲斐市	H21.5.21計画策定
59 山梨県	笛吹市	H21.5.21計画策定
60 山梨県	甲州市	H21.5.21計画策定
61 山梨県	中葉市	H21.5.21計画策定
62 山梨県	富士河口湖町	H21.5.21計画策定
63 山梨県	忍野村	H23.2.10計画策定
64 山梨県	山中湖村	H23.2.10計画策定
65 長野県	上田市	※
66 長野県	松本市	H21.12.7計画策定
67 岐阜県	岐阜市	※
68 岐阜県	大垣市	※
69 岐阜県	多治見市	※
70 岐阜県	関市	※
71 岐阜県	中津川市	※
72 岐阜県	恵那市	※
73 岐阜県	瑞浪市	※
74 静岡県	静岡市	※
75 静岡県	浜松市	※
76 静岡県	沼津市	H21.4.23計画策定
77 静岡県	三島市	※
78 静岡県	伊東市	※
79 静岡県	下田市	H23.5.9計画策定
80 静岡県	御前崎市	H21.4.23計画策定
81 静岡県	清水町	H21.4.23計画策定
82 静岡県	吉田町	H21.4.23計画策定
83 愛知県	名古屋市	※
84 愛知県	岡崎市	H21.5.29計画策定
85 愛知県	半田市	※※
86 愛知県	春日井市	H21.5.29計画策定
87 愛知県	高浜市	※※
88 愛知県	知立市	※
89 愛知県	日進市	※
90 愛知県	豊田市	H21.7.21計画策定
91 愛知県	東海市	H21.7.21計画策定

都道府県	市町村等	計画策定状況
92 愛知県	常滑市	H21.7.21計画策定
93 愛知県	みよし市(旧三好町)	H21.5.29計画策定
94 愛知県	あま市(旧基目寺町)	H21.7.21計画策定
95 愛知県	豊川市(旧小坂井町)	H21.7.21計画策定
96 愛知県	碧南市	H23.3.10計画策定
97 愛知県	蟹江町	H23.3.22計画策定
98 愛知県	安城市	H23.11.21計画策定
99 三重県	津市	H21.6.22計画策定
100 三重県	四日市市	※
101 三重県	鈴鹿市	H21.4.16計画策定
102 三重県	いなべ市	H21.4.27計画策定
103 三重県	多気町	※※
104 滋賀県	大津市	※
105 京都府	京都市	※
106 京都府	長岡京市	※
107 大阪府	大阪市	※
108 大阪府	堺市	H21.11.6計画策定
109 大阪府	高槻市	※
110 大阪府	守口市	※
111 大阪府	枚方市	※
112 大阪府	箕面市	※
113 大阪府	島本町	※
114 兵庫県	神戸市	※
115 兵庫県	西宮市	H23.11.25計画策定
116 奈良県	香芝市	※
117 奈良県	三郷町	※
118 奈良県	三宅町	※
119 奈良県	河合町	※
120 和歌山県	和歌山市	H21.7.7計画策定
121 鳥取県	鳥取市	※
122 岡山県	倉敷市	※
123 広島県	広島市	H21.11.25計画策定
124 広島県	福山市	※
125 愛媛県	松山市	※
126 愛媛県	八幡浜市	※
127 愛媛県	四国中央市	※
128 福岡県	北九州市	※
129 福岡県	福岡市	※
130 沖縄県	那覇市	※

流域下水道(50箇所)

都道府県	事業	計画策定状況
1 北海道	十勝川流域下水道	※※
2 北海道	函館湾流域下水道	※
3 宮城県	仙塩流域下水道	※
4 宮城県	阿武隈川下流流域下水道	※
5 宮城県	鳴瀬川流域下水道	※
6 宮城県	吉田川流域下水道	※
7 宮城県	北上川下流流域下水道	※
8 宮城県	迫川流域下水道	※
9 宮城県	北上川下流東部流域下水道	※
10 埼玉県	荒川左岸南部流域下水道	H21.12.11計画策定
11 埼玉県	荒川左岸北部流域下水道	H21.12.11計画策定
12 埼玉県	荒川右岸流域下水道	H21.12.11計画策定
13 埼玉県	中川流域下水道	H21.12.11計画策定
14 埼玉県	古利根川流域下水道	H21.12.11計画策定
15 埼玉県	荒川上流流域下水道	H21.12.11計画策定
16 埼玉県	市野川流域下水道	H21.12.11計画策定
17 埼玉県	利根川右岸流域下水道	H21.12.11計画策定
18 千葉県	江戸川左岸流域下水道	※
19 千葉県	印旛沼流域下水道	※
20 千葉県	手賀沼流域下水道	※
21 新潟県	信濃川下流流域下水道	H21.11.24計画策定
22 新潟県	魚野川流域下水道	H21.11.24計画策定
23 新潟県	阿賀野川流域下水道	H21.11.24計画策定
24 新潟県	西川流域下水道	H21.11.24計画策定
25 石川県	犀川左岸流域下水道	※
26 山梨県	釜無川流域下水道	H23.9.8計画策定
27 山梨県	峡東流域下水道	H23.9.8計画策定
28 山梨県	富士北麓流域下水道	H23.9.8計画策定
29 長野県	千曲川流域下水道	H22.6.21計画策定
30 長野県	諏訪湖流域下水道	H21.11.26計画策定
31 長野県	犀川安曇野流域下水道	H23.3.18計画策定
32 岐阜県	木曾川右岸流域下水道	※
33 三重県	北勢沿岸流域下水道	H21.4.27計画策定
34 三重県	中勢沿岸流域下水道	H21.4.27計画策定
35 愛知県	矢作川・境川流域下水道	H22.3.30計画策定
36 愛知県	豊川流域下水道	H21.7.21計画策定
37 愛知県	五条左岸流域下水道	H21.7.21計画策定
38 京都府	桂川右岸流域下水道	※
39 京都府	木津川流域下水道	※
40 京都府	木津川上流流域下水道	※
41 京都府	桂川中流流域下水道	※
42 大阪府	猪名川流域下水道	※
43 大阪府	淀川右岸流域下水道	※
44 大阪府	淀川左岸流域下水道	※
45 大阪府	寝屋川流域下水道	※
46 大阪府	大和川下流流域下水道	※
47 大阪府	南大阪湾岸流域下水道	※
48 大阪府	安威川流域下水道	※
49 鳥根県	宍道湖流域下水道	※
50 高知県	浦戸湾東部流域下水道(高須浄化セパ)	H23.4.21計画策定

※ 下水道地震対策緊急整備事業(旧事業)から継続実施している箇所:85箇所(公共下水道:60箇所、流域下水道:25箇所)
 ※※ 事業が完了した箇所:5箇所(公共下水道:4箇所、流域下水道:1箇所)

1-2 下水道施設の耐津波対策の現状

各自治体における下水道施設の耐津波対策の現状を確認し、今後の耐津波対策に関するあり方を整理するために実施したアンケート調査の概要及び集計結果を以下に示す。

(1) アンケートの目的

今回の東日本大震災では、津波による処理場・ポンプ場への被害が甚大であったことから、今後想定される東海・東南海などの地震に伴う津波に対する対応が求められる。

現行の耐震対策指針類における耐津波対策としては、「下水道の地震対策マニュアル 2006年版(日本下水道協会)」において、吐きロケット対策が記載されているのみであり、今後、施設被害を防止するとともに被害の最小化を図るために必要となる耐津波対策を指針類へ盛り込んでいく必要がある。

本アンケートでは、今後の耐津波対策のあり方を議論する際の参考とするために、全国の下水道施設で既に実施されている耐津波対策の現状(対策の有無及び内容等)を調査した。

(2) 調査方法

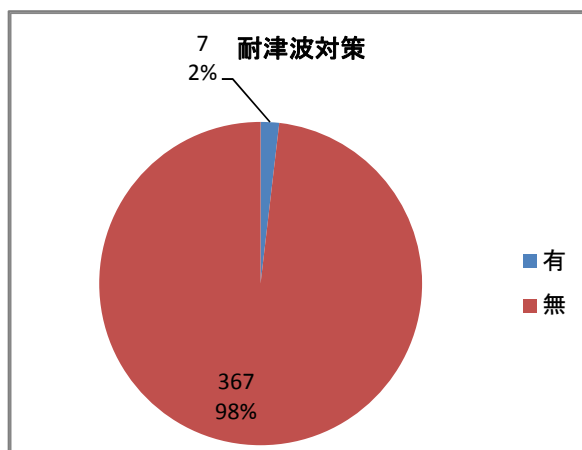
東北3県(岩手、宮城、福島)を除く、沿岸部を有する自治体637箇所(流域下水道含む)の下水道管理団体に対してアンケート調査を行った。

アンケートでは、耐津波対策の有無及び具体的な耐津波対策の内容について調査を行った。

(3) 調査結果

1) 全国の耐津波対策の状況

- ・アンケートの回収率59%(374箇所/637箇所)
- ・このうち耐津波対策を実施していると答えた下水道管理団体は、約2%(7箇所/374箇所)であった。(図II-1-3)



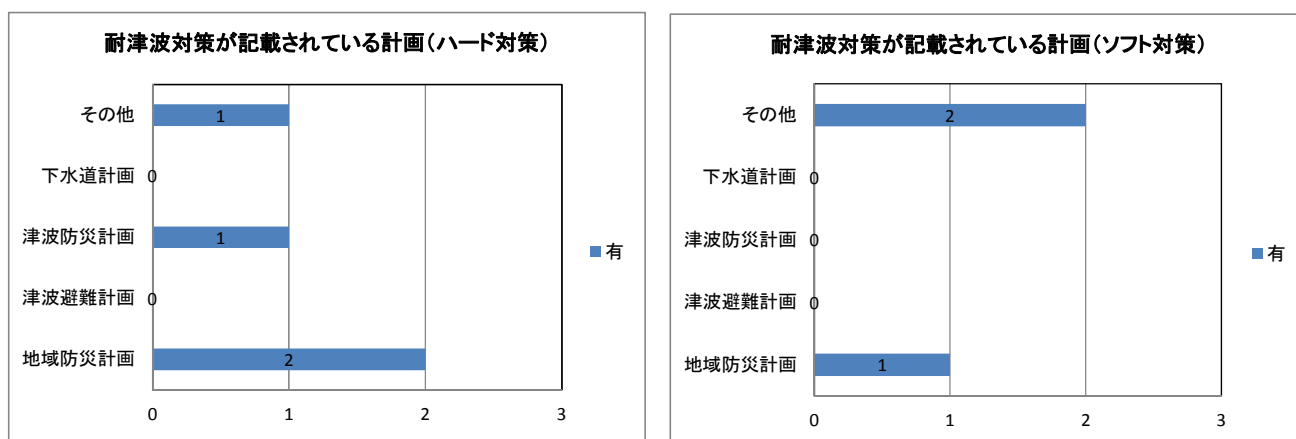
図II-1-3 アンケート結果における耐津波対策状況

2) 耐津波対策を行うにあたり根拠となる計画について

耐津波対策を実施している自治体について、耐津波対策が位置づけられている計画の有無と計画名称を整理した。その結果を図Ⅱ-1-4に示す。

耐津波対策が位置づけられている計画としては、行政全体として作成している地域防災計画や津波防災計画であり、下水道独自の計画（下水道計画）には位置づけられていなかった。

その他の具体的な回答は、地震（津波）時マニュアル、下水道災害時対応マニュアル等のマニュアル類であった。



図Ⅱ-1-4 アンケート結果における耐津波対策が位置づけられている計画

【耐津波対策（ハード面）の具体的な内容】

耐津波対策を実施している 7 自治体における実施予定及び実施済みのハード対策を表Ⅱ-1-2 に示す。なお、表中の①～⑯は、第 3 次提言にて示された対策内容である。

- ・ 「⑮非常時の避難をアナウンスできる場内放送設備、通信設備を整備している」が最も多い。
- ・ 「⑧水処理施設の開口部にコンクリート覆蓋を設置」、「⑬制御盤はできる限り 2 階以上の高層階に設置している。または独立して高所に設置している」、「⑭自家発電設備を含め、消化ガス発電、太陽電池と蓄電池の組合せ等の独立電源を設置している」は、各々 1 自治体を実施していた。
- ・ その他の対策としては、「自家発電設備の高層階への移設を予定」や「既存建物低部のガラス窓に「アルミ板」を設置し、強化」、「既存管廊給排気口を嵩上げし、浸水防止」等であった。

表Ⅱ-1-2 アンケート選定項目及び結果

項 目		実施 済み	実施 予定
①	津波が想定される場合は、浸入方向を検討し、その方向にできる限り平行な配置としている。	2	
②	計画上配慮すべき事項 水処理系列を 2 以上とし、それぞれの汚水、汚泥の搬送ルート、電力、空気、水、薬品等のラインを分離させている。	1	1
③	津波漂流物による施設、設備への衝撃を緩和する防護壁を設置している。		1
④	設計上配慮すべき事項 [設備設置等高さ] 重要設備、操作盤、排気開口部は、津波による想定浸水深を考慮した位置に設置している。 [施設の水密性] 津波による想定浸水深以下の扉、開口部等は水密性を確保している。 [施設の開口部] 施設の玄関、搬入扉等は津波浸入方向と平行に設置している。 開口部に止水版を設置している。 水処理施設の開口部にコンクリート覆蓋を設置している。 津波による浸水の可能性がある設備には、冠水対応型モータ・防水端子を採用している。 給水設備の機能不全に備え、井戸水などのバックアップを確保している。 給水設備の機能不全に対応できる無注水型ポンプを採用している。 防災拠点等から遠隔制御、通信できる環境としている。 制御盤はできる限り 2 階以上の高層階に設置している。または独立して高所に設置している。 自家発電設備を含め、消化ガス発電、太陽電池と蓄電池の組合せ等の独立電源を設置している。 非常時の避難をアナウンスできる場内放送設備、通信設備を整備している。 吐口に逆流防止装置(フラップゲート等)を設置している。	2	1
⑤		2	1
⑥			1
⑦			1
⑧		4	
⑨		1	
⑩		1	
⑪		2	
⑫		1	
⑬		4	
⑭	4		
⑮	5		
⑯	1	1	
	その他		1

【耐津波対策（ソフト面）の具体的な内容】

耐津波対策を実施している7自治体のうち、ソフト対策を行っているのは3自治体あった。

具体的な内容としては、津波ハザードマップの作成及び住民への配布や、避難訓練等であった。（表

II-1-3)

表 II-1-3 ソフト対策の具体的事例（耐津波対策）

	ソフト対策
A市	津波ハザードマップを作成し、住民へ配付する啓発活動
K県	避難場所の設定、避難訓練の実施
I県	処理場職員の災害時の避難場所設定等

（4）まとめ

下水道施設の耐津波対策については、全国的にあまり実施されていない状況であるが、東日本大震災での津波による被害状況を考慮すると、全国的に耐津波対策の促進が必要である。

今回のアンケートからは、第3次提言に示される対策を実施済みもしくは実施予定である自治体が見られたことから、提言対策の導入が可能であると考えられる。

1-3 下水道施設の耐震・耐津波対策の課題

下水道施設の耐震対策として、平成9年度以前に工事発注された施設の耐震化状況を見ると、非常に低い対策状況に留まっている。また、その前提となる耐震診断についても、平成9年度以前に工事発注された水道水源地域における耐震化未実施（レベル2未対応）の水処理施設（消毒施設）のうち、耐震診断実施済みの施設は約2割に留まっているなど、進んでいないのが現状である。これについては、1997年指針での既存施設の耐震補強の実施において、残耐用年数、対策案の難易及び対策費用等を勘案して、その実施を検討することが示されているが、財源や施策の優先度、既存施設における構造上の制約、設備との兼ね合いなど技術的な困難性などから、実際は改築更新時期にあわせて実施するケースが多く見受けられており、あまり進んでいないのが現状である。

下水道施設の耐津波対策については、1-1で示した耐津波対策に関するアンケート調査結果より、ほとんど実施されていない現状が確認された。今後、全国的に想定津波の見直しが実施され、他事業と連携した防災計画の策定や、新たな想定に基づいた耐津波対策の検討が進められていくものと考えられる。

なお、耐津波対策には多大な費用と期間を要することから、耐震化計画や施設毎の対策優先度を踏まえ、効率的かつ計画的に事業を進める必要がある。

また、3次提言及び4次提言の導入可能性を検討し、ハード対策のみならず、ソフト対策もあわせた総合的な耐津波対策を図ることが重要である。

第2章 耐震対策・耐津波対策を進めるにあたっての基本的考え方

2-1 基本的な考え方

兵庫県南部地震以後、大規模な地震により下水道施設に被害が発生しており、とりわけ今回発生した東日本大震災では、地震により発生した津波により、尊い人命や財産、公共施設等に甚大な被害が発生した。

中央防災会議では、東日本大震災を受け、東海地震や東南海・南海地震をはじめとした大規模地震の想定を改めて見直すとともに、耐津波対策についても検討が進められているところである。

今後想定される大規模地震及び津波の発生に備え、被害を最小限に留めるための措置を、早急にかつ効率よく進める必要がある。

下水道は重要なライフラインの一つであり、下水道施設の被災は、トイレが使用できないなど住民生活に直接大きな影響を与えるばかりでなく、生活空間での汚水の滞留や未処理下水の流出に伴う公共用水域の汚染による伝染病の発生等、また、雨水排水機能等の喪失による甚大な浸水被害の発生、さらに、低地においては津波に伴う浸水により復旧に大きな支障が生じるなど、多くの住民の生命・財産を危険にさらす重大な二次災害が発生させることを認識すべきである。

このような中、兵庫県南部地震を契機として、下水道施設の耐震化をはじめ、体制面の対策を含む下水道の耐震対策が推進されてきているものの、依然として多くの地方公共団体においてその取組みが進まない状況にある。新設の構造物に対して、1997年指針に沿って耐震化することは当然のこととして、既存施設の耐震化の促進に加え、今後は耐津波対策に着手することが喫緊の課題である。

このため、既存施設の耐震化及び耐津波化、継続的な下水道サービスの提供に向けた下水道耐震・耐津波対策について、以下に示す基本的な考え方により重点的に取り組むべきである。

① 構造面での耐震化、耐津波化の確保により「防災」を図ること

国民の生命と財産を守るとともに、地震・津波後の応急対策活動に重大な影響が生じないよう、個々の施設の構造面での耐震化・耐津波化などによる耐震性及び耐津波性の向上を図ること（防災）を基本とする。

膨大な既存施設の耐震化については、速やかに耐震診断を進めるとともに、下水道が有すべき機能の必要度や緊急度に応じて、耐震補強等により早急に耐震化を図るもの、改築・更新に合わせて耐震化を実施するもの等、優先順位を明確にする。

また、確保すべき耐震性能に向けて、段階的に性能の向上を図るなど、実施可能な対策から順次

耐震化を図っていくべきである。

また、これらの対策を推進するため、耐津波化の新たな技術基準を規定することについて検討すべきである。

② 被害を最小限に抑制する「減災」を図ること

防災を基本とするが、一方で大規模地震・巨大津波がいつ発生してもおかしくない中で、たった今地震が発生して下水道施設が被災した場合を想定して対応策を講じておくことが重要である。下水道施設被害による社会的影響を最小限に抑制し、速やかな復旧を可能にするための緊急・応急的対応（減災）として、下水道事業継続計画（BCP）の策定に着手すべきである。

また、このような防災・減災対策と合わせて、災害支援ルールの策定や実践的な震災訓練の実施、アセットマネジメントの導入などソフト対策の充実を図り、ハード整備とソフト対策が一体となった耐震対策・耐津波対策を推進すべきである。

国は、地震時において下水道が有すべき機能を踏まえて、具体的な防災目標（構造面の耐震化等）と減災目標（被災時の緊急・応急的対応）を示し、地方公共団体における下水道BCPの策定等の重点的な取り組みを促すとともに、財政的支援等耐震対策の促進に向けた支援措置を講じ、下水道耐震対策を促進すべきである。

2-2 重点的な耐震対策・耐津波対策の促進

大規模地震が全国どこで発生してもおかしくはない中で、下水道耐震・耐津波対策は、全国で推進すべきであるが、特に、大規模地震の発生が想定され、著しい地震・津波災害が生じるおそれのある地域や下水道施設の立地条件上、生命や生活・都市機能に著しい影響が生じるおそれのある地域について、重点的かつ緊急的に取り組むべきである。このような対策重点地域は、表Ⅱ-2-1 のとおりとすることが考えられる。

表Ⅱ-2-1 耐震・耐津波対策を重点的に取り組むべき地域

項目	重点地域
大規模地震の発生が想定され、著しい地震災害が生ずるおそれのある地域	(1)大規模地震対策特別措置法における地震防災対策強化地域 ^{※1} (2)東南海・南海地震対策特措法における防災対策推進地域 ^{※2} (3)日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法における防災対策推進地域 ^{※3} (4)首都直下で発生する地震 ^{※4} での影響地域 (5)地震予知連絡会の定める特定観測地域及び強化観測地域 ^{※5} (6)地震危険度が高い地域 ^{※6} (7)活動ランクが高い活断層を抱える地域 ^{※7} (近い将来震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の高い地域)
下水道施設の立地条件上、生命や生活・都市機能に著しい影響が生じるおそれのある地域	(1)水道水源等の水質保全上重要な地域 (2)都市機能が集中している地域 (3)防災上重要な地域等 ^{※8}

※1) 平成23年4月1日号外内閣府告示第18号

※2) 平成23年4月1日内閣府告示第19号

※3) 平成16年4月2日法律第27号

※4) 中央防災会議「首都直下地震避難対策等専門調査会」にて定める首都直下で発生する地震

※5) 地震予知連絡会（国土地理院に事務局）にて指定された地震

※6) 「Zの数値、R_t及びA_iを算出する方法並びに地盤が著しく軟弱な区域として特定行政庁が指定する基準」（昭和55年11月27日建設省告示第1793号）第1項表中（一）に掲げる地域

※7) 地震調査研究推進本部（文部科学省研究開発局地震・防災研究課に事務局）において「地震発生可能性の長期評価」より指定された地域

※8) 地方公共団体の判断で設定し、重点的に耐震対策を推進

2-3 対象とする地震、津波の規模

(1) 地震動

今回の東日本大震災は、兵庫県南部地震等過去に発生した地震と比較すると、岩手宮城内陸地震(4,022gal、一関市)に次ぐ最大加速度(2,933gal、栗原市)を観測した大きな地震動であった。また、M7.0以上の極めて大きな余震が本震直後から立て続けに起きるとともに、過去に類を見ない多くの余震が1年あまり継続的に発生していることも特徴となっている。しかしながら、レベル2地震動に用いる設計地震外力等の変更の必要性については、現時点で明確でないことから1997年指針の考え方を踏襲し、次のとおりとする。

下水道の管路施設、および処理場・ポンプ場の耐震設計において対象とする地震動は、施設の供用期間内に1~2度発生する確率を有する地震動(レベル1地震動)、および陸地近傍に発生する大規模なプレート境界地震や、直下型地震による地震動のように、供用期間内に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動(レベル2地震動)の、二段階の地震動を想定する。

なお中央防災会議や都道府県防災会議などでは、東日本大震災を受け、東海地震や東南海・南海地震をはじめとした大規模地震の想定を改めて見直すとともに、耐津波対策についても検討が進められているところであり、関係する地域においては、これらの地震動を想定した見直しを実施することとする。

(2) 想定津波

東日本大震災は、東北地方太平洋沿岸を中心に人命、財産、公共施設等に大きな被害をもたらしたが、とりわけ津波によるものが甚大であった。

今次津波の被災地域以外でも、今後、東海・東南海・南海地震等の被害が想定されることから、これら地域では、以下の「最大クラスの津波」を想定した各種の耐津波対策を講じる必要がある。

平成23年12月6日に成立した「津波防災地域づくりに関する法律」(以下「津波防災地域づくり法」)では、「都道府県は基本方針に基づき津波浸水想定を設定する」と明記され、今後はこの浸水想定に基づき地域の耐津波対策が行われる。

今後は、東海地震等のエリアを含めた全国で、津波防災地域づくり法の規定により、都道府県知事が設定・公表する「津波浸水想定」(津波により浸水するおそれがある土地の区域及び浸水した場合に想定される水深)に基づいて、下水道施設の耐津波対策を講じるものとする。

なお、「頻度の高い津波」に対しては、海岸保全施設等により防護することが基本とされていることから、原則として下水道施設は海岸保全施設等により守られることとなるが、海岸保全施設等の整

備進捗等により、下水道施設が頻度の高い津波による被害を受ける可能性が高い場合には、下水道B
CPを策定するとともに「最大クラスの津波」の対策を参考とし、防潮ゲート等からの逆流防止対策
を講じるなど可能なものから順次実施していくものとする。

2-4 地震・津波時に下水道が有すべき機能

下水道は重要なライフラインの一つであり、その被災は住民生活等に大きな影響をあたえる他、他のライフラインや応急対策活動に支障を与える。

今後の施設の耐震化・耐津波化を促進する上では、地震・津波時において下水道が有すべき機能を明確にし、効率よく対策を進める必要がある。

① 人命を守る

東日本大震災では、死者 15854 人、行方不明者 3203 人（平成 24 年 3 月 8 日警察庁まとめ）の甚大な人的被害が生じた。この中の多くは津波によるもので、避難場所あるいは地域全体の避難計画はあったが、一部で人命が失われたなどの報告もあったため、今後は避難計画の見直しや避難場所での安全性が求められることとなった。

特に、都市部などでは下水道施設が防災避難広場などとして位置づけられている場合があるため、震災時に避難してくる市民の生命の確保の観点から、下水道施設の耐震性向上や下水道の非常用発電を活用した電気供給機能の確保なども必要である。

さらに、津波を想定した高い避難場所の必要性が高まっており、下水道施設の上部は必要に応じ施設周辺の住民の津波避難ビルとしての機能を持たせるとともに、地域全体の避難計画に位置付けることが肝要である。

② トイレの使用の確保

汚水の流下機能が喪失することによりトイレの使用が困難な状況が生じ、高齢者をはじめ地域住民の日々の生活に深刻な影響を及ぼすおそれがある。生理現象を止めることはできず、トイレの使用の確保はライフラインとしての下水道の最も重要な機能の一つである。

特に、多数の避難者等が集まる避難所、学校、病院・医療施設等の防災拠点がある地域においては、し尿の排除が速やかに行われなければ、伝染病の発生等公衆衛生上の重大な影響も懸念されるため、これらの地域において早急に所要のトイレを使えるようにする必要がある。

③ 公衆衛生の保全

発災直後においてもし尿は発生し続け、さらに水道の復旧や地下水の浸入によって下水量が回復あるいは増大することから、管路施設の流下機能喪失により発生した汚水を排除できなければ、生活空間に下水が滞留することになる。これによって、水系伝染病等のリスクが拡大することになり、被災者等に環境衛生上の危機を招くことになる。

処理施設の処理機能が喪失すれば、未処理下水の流出により公共用水域を汚染するおそれがある。

このような場合、伝染病の発生など人の生命に係わる公衆衛生上の問題が懸念される。とりわけ、水道水源上流の公共用水域の汚染は、水系感染症の集団発生等、重大な影響が懸念される。

従って、病害虫等が発生しやすい高温期の地震発生を想定して、被災時においても、公衆衛生上の問題を防止するための処理機能や速やかに生活空間から汚水を排除するための機能を確保することが必要である。

また、処理施設の沈殿処理及び消毒処理や、避難所、学校、病院・医療施設等の防災拠点から発生する汚水の排除は早急に実施される必要がある。ただし、病原菌や有害物質を大量に含む排水を受け入れる場合には、処理場における処理機能や消毒機能の稼働状況を確認した後に実施すべきである。

④ 浸水の防除

梅雨や台風シーズンなどの降雨期に、雨水ポンプ場、雨水管路施設の排水機能や流下機能が喪失すれば、避難所等を含む生活空間に甚大な浸水被害が発生し、住民の生命や財産を危険にさらすおそれがある。

また、海岸堤防や河川堤防等で囲まれた低平地を抱える市街地では、津波で運ばれた大量の海水が自然に排水できずに滞留することから、こうした地域では揚水機能の確保が何よりも優先されるべきである。

従って、浸水被害の発生しやすい多雨期の地震発生を想定して、地震時においても、浸水被害から生命を守るための機能を確保することが必要である。

特に、避難所、学校、病院・医療施設等の防災拠点における雨水の排除は早急に実施される必要がある。

⑤ 応急対策活動の確保

人孔の浮き上がりや管路の損傷に伴う道路陥没による交通障害は、被災者の救助や避難所の救援活動に支障をきたすとともに、復旧作業にも支障をきたし、下水道を含むライフラインの復旧を遅らせるおそれがある。

特に、緊急輸送路等に管路施設を埋設している地域において、早急に重大な交通機能への障害を生じさせないようにする必要がある。

2-5 耐震性及び耐津波性の向上に向けての防災目標

既設下水道施設の耐震性及び耐津波性の向上を図るために、地震・津波時において下水道が有すべき機能の必要度や緊急度に応じて、段階的に短期、中期及び長期の整備目標を設定する。

また、新設の下水道施設については、建設当初の段階から耐震性及び耐津波性を確保しておく必要がある。

(1) 耐震性向上に向けての目標

① 短期の目標

地震時において下水道が有すべき機能の必要性や緊急性から、処理場の揚水機能や沈殿処理機能、消毒処理機能等、短期的に耐震性の向上を図るべき機能について、耐震補強等の耐震化を行い、下水を流す、溜める、処理するという基本的な機能を確保するものとする。

膨大な既存施設の耐震化については、速やかに耐震診断を進めるとともに、下水道が有すべき機能の必要度や緊急度に応じて、耐震補強等により早急に耐震化を図るもの、改築・更新に合わせて耐震化を実施するもの等、優先順位を明確にする。

また、確保すべき耐震性能に向けて、段階的に性能の向上を図るなど、実施可能な対策から順次耐震化を図っていくべきである。

【管路施設】

処理場と災害対策本部施設（役場等）や特に大規模な広域避難所等の防災拠点をつなぐ管路の流下機能を確保するとともに、軌道や緊急輸送路等下の埋設管路の被災により通行止め等の重大な交通障害を及ぼさないよう、これらの管路について優先的に耐震補強を行う。

また、周辺地盤の液状化による面的な被害が想定される埋立て造成地等の洗い出しや既存の増補管等を有効に活用したネットワーク化などについて検討を行い、中長期的な整備目標につなげる。

【処理場・ポンプ場】

処理場については、揚水機能、沈殿処理機能及び消毒処理機能が確保できるよう所要の施設の耐震補強を行い、耐震性を向上する。また、火災や爆発のおそれ、劇薬、有毒ガスの流出するおそれがある設備の耐震補強を行い、耐震性を向上する。

ポンプ場については、処理場と災害対策本部施設（役場等）や特に大規模な広域避難所等の防災拠点をつなぐ管路に接続する汚水ポンプ場の耐震補強を行い、揚排水機能の耐震性を向上する。また、雨水ポンプ場の耐震補強を行い、揚排水機能の耐震性を向上する。

さらに、処理場、ポンプ場の構造物のうち、倒壊等により交通障害等の社会的影響を与えるおそれがある構造物の耐震補強を行い、耐震性を向上する。

② 中期の目標

短期の目標に対する耐震対策との連携を図りつつ、長期の目標に向けて改築・更新時期を待たずに優先的に耐震化を図るべき重要な施設について、耐震補強等により耐震性向上を図るものとする。

また、短期の目標に対する耐震対策と合わせて実施することが効率的かつ効果的な施設の耐震化や比較的長い整備期間を要する大規模な施設の整備などは、ここに含むこととする。

【管路施設】

短期の目標で対象としていない重要な幹線や大きな被害が想定される埋め立て地での液状化対策、丘陵造成地での地盤変更に対する対策を行うとともに、幹線管路の二条化や処理場間のネットワーク化等システム的な対応により下水道システム全体の柔軟性を高め、流下機能を確保する。

【処理場・ポンプ場】

処理場については、高級処理機能が確保できるよう所要の施設の耐震補強を行い、耐震性を向上する。

また、短期の目標で対象としていない汚水ポンプ場について耐震補強により揚排水機能の耐震性を向上する。

③ 長期の目標（改築時期）

今後増加する改築の時期に合わせて、確実に以下に示す耐震性能を確保するものとする。

【管路施設】

レベル1地震動に対して、重要な幹線等・その他の管路とも設計流下能力を確保する。

レベル2地震動に対して、重要な幹線等について流下機能を確保し、震災時においても処理場・ポンプ場への下水の収集を可能とする。

【処理場・ポンプ場】

レベル1地震動に対して、構造物に損傷を生じさせないものとし、本来の機能確保を原則とする。すなわち、処理場においては揚排水機能、高級処理機能、汚泥処理機能を確保し、ポンプ場においては揚排水機能を確保する。

レベル2地震動に対して、ある程度の構造的損傷は許容するが、構造物全体としての破壊を防ぐとともに、一時的な停止はあっても復旧に時間を要しないものとする。

(2) 耐津波性向上に向けての目標

耐津波性の整備目標については、第4次提言「耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方」において設定した耐津波性能に準じて、表Ⅱ-2-2の通り設定するものとする。

表Ⅱ-2-2 「最大クラスの津波」に対する下水道施設の標準的耐津波性能と整備目標

施設種別	管路施設	ポンプ場	処理場		
	全体機能				
機能区分	基本機能			その他の機能	
	逆流防止機能	揚水機能	揚水機能 消毒機能	沈殿機能 脱水機能	左記以外
耐津波性能	被災時においても「必ず確保」			一時的な機能停止は許容するものの「迅速に復旧」	一時的な機能停止は許容するものの「早期に復旧」
整備目標	短期的対応：緊急度の高い施設の逆流防止機能、揚水機能 中期的対応：上記以外、消毒機能			中期的対応：長期に停止した場合の影響が大きい施設の沈殿機能、脱水機能 長期的対応：上記以外	長期的対応

① 短期の目標

津波時において下水道が有すべき基本機能である管路施設の逆流防止機能及びポンプ場と処理場の揚水機能について、機能停止した場合の被害が大きい施設を対象に、耐津波補強等の耐津波化を行うものとする。

また、人命確保の観点から必要となる避難施設等の整備も実施するものとする。

【管路施設】

雨水吐口等においては、想定される浸水範囲や被害が大きい吐口等を対象に、防潮ゲート等からの逆流を防止するための逆流防止機能を確保できるよう、フラップゲートの設置やゲートの自動閉鎖化、下水道光ファイバー等を活用した遠隔制御等の措置を講じ、耐津波化を図る。

【処理場・ポンプ場】

処理場・ポンプ場については、市街地における汚水溢水の防止、大雨による浸水被害の軽減、津波で運ばれた大量の海水を速やかに排除するための揚水機能を確保するため、機能停止した場合の被害が大きい施設を対象に、施設の耐水化、設備の想定浸水深以上への設置等の耐津波補強を行い、耐津波性を向上する。

また、人命確保の観点から、作業員が常駐する処理場及びポンプ場においては避難先の確保及び避難先となる管理棟などの耐津波補強を行うものとする。

なお、中期及び長期の目標で対象となる機能のうち、例えば消毒機能のように、仮設の薬液タンクを設置する(代替措置)ことで簡易に対応が可能な場合には、先行的に導入することも検討する。

② 中期の目標

基本機能が確実に確保できるよう、短期の目標で対象としていない施設を対象とし耐津波化を図ることとする。また、処理場の沈澱機能及び脱水機能について、機能停止した場合の被害が大きい施設を対象に、耐津波補強等の耐津波化を行うものとする。

【管路施設】

短期の目標で対象としていない吐口等について、防潮ゲート等からの逆流を防止するための逆流防止機能を確保できるよう、フラップゲートの設置やゲートの自動閉鎖化、下水道光ファイバー等を活用した遠隔制御等の措置を講じ、耐津波化を図る。

【処理場・ポンプ場】

短期の目標で対象としていない処理場・ポンプ場について、揚水機能を確保するため、所要の施設の耐水化、設備の想定浸水深以上への設置等の耐津波補強を行い、耐津波性を向上する。

公衆衛生確保のため消毒機能が確保できるよう、所要の施設の防水化、設備の想定浸水深以上への設置等の耐津波補強を行い、耐津波性を向上する。

また、「迅速に復旧すべき機能」のうち長期に停止した場合の影響が大きい施設について沈殿機能、脱水機能を確保するため、施設の防水化や代替措置の確保等により耐津波性の向上を図る。

火災や爆発のおそれ、劇薬、有毒ガスを含む筒状設備については、津波時に場外へ流出し第三者に危険を及ぼすことのないように固定強化等の耐津波補強を行い、耐津波性を向上する。

③ 長期の目標（改築時期）

耐津波対策を施す必要のある施設の内、緊急性の低い施設又は、大規模な改築（建て替えや機器等の入れ替え）が必要な施設については、今後増加する改築の時期に合わせて、耐津波対策を実施する。

ここでは、「迅速に復旧すべき機能」を確保するための施設のうち中期目標で対応していない施設の防水化や代替措置の確保等により耐津波性の向上を図るものとする。また、「早期に復旧すべき機能」についても、可能な範囲で耐津波性能の向上に配慮するものとする。

2-6 耐震性及び耐津波性の向上に向けての減災目標

下水道の耐震・耐津波対策は、防災目標による耐震化・耐津波化を基本とするが、その対策が十分整わない状況下で被災した場合にも、暫定的対応に直ちに着手し、最低限の目的を達成するため、施設の段階的整備状況に応じた下水道 BCP の策定を基本とした減災対策を講じる必要がある。

① 短期の目標

既存の下水道施設の耐震性能及び耐津波性能が、想定する地震・津波時に下水道が有すべき機能を確保しているかどうかを判断するため、被害予測及び耐震診断等を早急を実施し、耐震・耐津波対策の優先順位を検討する。

これらの検討結果に基づき、被災時の暫定的対応を想定し、その対応方法を定める下水道事業継続計画（BCP）を早急に策定するとともに、即座に実行に移せるよう定期的な訓練や、公衆衛生確保や浸水被害の軽減のための可搬式ポンプや可搬式発電機の備蓄、被災時における調達ルート確保等の措置を講じる。

また、平常時から、緊急時のトイレ機能の確保を図るべく関連部局との連携を図るものとする。

この他、被災状況の迅速な把握に資するために、下水道台帳の電子化やバックアップの確保等対策などのソフト対策にも取り組むほか、被災後の復旧活動が迅速に進むよう、関係団体との災害協定の締結とともに支援を円滑に受け入れるための計画策定や、防災部局等と下水道部局との役割分担を明確にし連携した上で、耐震化・耐津波化の状況や被災時の影響をわかりやすく示したハザードマップの作成を支援するものとする。

また、人命確保の観点から避難計画の策定や定期的な避難訓練も実施するものとする。

② 中期の目標

下水道経営の健全化及び効率的な改築事業を実施するためのアセットマネジメントの導入を図ることで、施設の劣化状態の把握及び耐震化・耐津波化優先度の決定、被災時における点検調査の効率化を図る。

第3章 下水道耐震対策指針類の課題とあり方

災害列島と称される我が国では、過去に多くの巨大地震に見舞われてきた。近年では、新潟県中越地震及び中越沖地震、能登半島地震、岩手宮城内陸地震が記憶に新しく、一部の管きょが下水の流下阻害や路面異常による交通障害等を引き起こすとともに、処理場においても一時的な処理機能低下が生じている。

下水道施設の被災による社会的影響を極力排除するために、国土交通省では大きな地震の発生の都度、耐震対策技術に関する検討委員会を立ち上げ、効果的な耐震化技術の検討や積極的な耐震対策の推進に取り組んできた。また、国の委員会や施策等にあわせて、関係機関においては、地震時の被害を軽減するための指針類の作成及び改訂を実施している。

しかし、東日本大震災では、津波と広域的液状化の被害が顕著であり、これら被害はこれまでの下水道施設指針類では一部想定されていなかった事象である。今後想定される大規模地震に対して、被害を最小限に抑えるためには、これらの事象について検討を行い、十分な対応策を講じていく必要がある。

ここでは、東日本大震災において発生した特筆すべき事象と現行の下水道施設指針類の関係を整理し、今後想定される大規模地震時における被害を最小限にするための指針類のあり方について述べる。

3-1 液状化対策の課題とあり方

下水道管路施設の液状化対策に関して、今回の震災を通じて得られた知見及び今後留意すべき事象を整理すると、以下の通りとなる。

- ①東京湾岸部で周辺地盤の液状化は発生し、本管、人孔継手部や取付管から大量の液状化した土砂が侵入し、下水道本管の土砂閉塞を招いた。
- ②土砂閉塞は、震災後の被災状況確認及び復旧に大きな支障となり、長期間の下水道サービス停止を招いた。
- ③液状化対策としての埋戻し3工法について、効果が確認された事例がある一方、誤った施工方法の採用や、適正な施工管理がなされない事例が散見された。
- ④液状化対策としての埋戻し3工法について、流動化処理土や自硬性安定液等の新たな材料の開発が進んでおり、一定の施工実績がある。
- ⑤既設人孔液状化対策工法について、過剰間隙水圧消散工法及び重量化工法の2工法は施工事例が増加するとともに、今回の震災で効果が確認された。

今後、これらの事象等を踏まえて、取付管の液状化対策や人孔横ずれ防止などの設計手法について検討を進めるほか、埋戻し3工法の施工管理上の配慮や新材料の追記、既設人孔液状化対策の実績及び効

果確認に基づく内容見直し等を実施し、指針類の内容拡充及び充実化を図るべきである。なお、表Ⅱ-3-1及び巻末の参考資料【参資-4】は今回震災の発生事象と現行指針類における取り扱い、及び今後の指針類におけるあり方を整理したものであり、これらの項目について十分な議論が必要である。

表 II -3-1 現行下水道指針類の液状化対策の課題とあり方

検討項目	東日本大震災における発生事象と課題	現行下水道指針類の記述	液状化対策のあり方
取付管の耐震設計	周辺地盤の液状化（全面液状化）により、取付管の継手部等から大量の土砂が侵入し、下水道本管の閉塞を引き起こした。また閉塞した大量の土砂が、復旧活動の大きな阻害要因となった。	—	<ul style="list-style-type: none"> 取付管における液状化対策手法及び設計方法
埋戻し部の液状化対策	埋戻し部液状化対策の3工法のうち、締め固めに於いて、品質確保が困難との声が聞かれた。	【耐震指針】埋戻し部の液状化対策と概念図（参考）	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し部液状化対策工法の選定方法（優劣評価） 品質管理方法 流動化処理土、自硬性安定液等の新規材料
人孔の液状化対策	耐震化が進んでおらず、多くの人孔の浮上や沈下が発生した。	【耐震指針】共同溝設計指針や耐震計算例を参考にす。	<ul style="list-style-type: none"> 人孔の液状化対策手法及び設計方法
	液状化による人孔躯体の横ずれが発生した。	【耐震指針】地震動による横ずれ対策を施す。	<ul style="list-style-type: none"> 液状化による人孔横ずれ対策手法及び設計方法
既設管路施設の耐震対策	液状化対策を施工した人孔で効果が確認された。本復旧にあたり、液状化対策工法の選択が難しい。	【耐震指針】工法一覧表（参考）	<ul style="list-style-type: none"> 実績及び効果検証結果に基づき人孔液状化対策工法一覧の一部見直し。

3-2 耐津波対策の課題とあり方

震災発生からすでにおよそ1年が過ぎ、被災を受けた120の処理場、112のポンプ場は徐々に復旧しているが、平成24年2月6日現在、津波により甚大な被害を受けた処理場のうち2箇所が稼働停止中、12箇所が応急対応を余儀なくされているなど、今回の震災では、従前の耐震対策中心の下水道施設の対策のあり方に課題を残した。

また、下水道の耐震対策指針類で、津波の記述があるものは、「下水道の地震対策マニュアル 2006年版（日本下水道協会）」の中で、耐津波対策として、吐口ゲートへの配慮が示されているのみであり、波力、漂流物による衝突加重等を含めた津波に対する被害は想定していなかった。

本委員会では、今後の巨大地震により想定すべき津波高さに対して、どのように対処するかについて、計画・設計上の考え方を整理した。

今後、この考え方にに基づき、耐津波対策に関する詳細な施設設計手法を検討し、これを指針類に反映させ、下水道施設の耐津波化推進に供する必要がある。

指針類に反映させるべき項目としては、性能設計に必要な耐津波対策に関する設計手法が確立されていないことから、想定津波の設定手法に始まり、管路施設、ポンプ場及び処理場の各施設における目標性能とその設計手順及び設計手法の確立が必要となる。加えて、既存施設の耐津波化が当面の課題であることから、耐津波化すべき施設の優先順位の設定手法についても検討が必要である。

今回震災の発生事象と現行指針類における取り扱い、及び今後の指針類におけるあり方を表Ⅱ-3-2及び巻末の参考資料【参資-4】に整理した。これらの項目について、費用対効果や実現性等に配慮した十分な議論が必要である。

表Ⅱ-3-2 現行下水道指針類の耐津波対策の課題とあり方

検討項目	東日本大震災における発生事象と課題	現行下水道指針類の記述	耐津波対策のあり方
基本方針	地震に伴う巨大津波の発生により、沿岸部に位置する処理場及びポンプ場が波力による構造物の損壊、浸水による機械電気設備の損傷を受け、長期間の稼働停止を余儀なくされた。	【地震マニユアル】津波による被害の事例紹介。	<ul style="list-style-type: none"> 最大クラスの津波（想定津波）を対象とした施設設計の考え方。 確保すべき下水道機能と耐津波性能のあり方。
想定津波			<ul style="list-style-type: none"> 処理場単位施設に対する想定津波の設定方法及び設定手順。 想定津波の波力、掃流力、漂流物による衝撃力等の計算の考え方
耐津波手順及び計算手法			<ul style="list-style-type: none"> 下水道施設の耐津波手順及び設計手順。 対象構造物に対する、想定津波時の波力、掃流力、漂流物による衝撃力等の計算方法。
管路施設の耐津波設計	津波の河川遡上による吐口等からの逆流により、人孔蓋飛散や土砂、瓦礫の侵入があった。	【地震マニユアル】吐き口ゲートを閉じ、津波の侵入を防止する。	<ul style="list-style-type: none"> 合流吐口や分流雨水吐口における津波の逆流防止対策の手法及び設計方法。 津波発生時のゲート操作方法。
処理場・ポンプ場の耐津波設計	波力による建物壁面の破損や、開口部からの漂流物流入が発生し、建物内の設備等が大きな被害を受けた。	—	<ul style="list-style-type: none"> 構造躯体の耐津波対策手法及び設計方法 開口部の耐津波対策手法及び設計方法
機械電気設備の耐津波設計	津波による浸水により、電気・機械類が冠水し、絶縁の劣化や短絡・漏電により機能が停止した。	—	<ul style="list-style-type: none"> 機械電気設備の耐津波対策手法及び設計方法
既存施設の耐津波対策	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 既存施設における耐津波対策の優先順位の考え方 既存施設の耐津波化に向けた診断方法 既存施設の耐津波補強方法

耐津波対策

【事務局】

国土交通省下水道部（全体調整）

下水道事業課企画専門官	石井 宏幸
下水道事業課課長補佐	神宮 誠
下水道事業課課長補佐	西 修
下水道企画課課長補佐	本田 康秀
下水道事業課計画調整係長	林 将宏
下水道事業課	三ツ屋 薫

国土技術政策総合研究所下水道研究部（内容とりまとめ）

下水道研究官	尾崎 正明
(前)下水道研究官	榊原 隆
下水道研究室長	横田 敏宏
下水道研究室主任研究官	深谷 渉
下水道研究室研究員	松橋 学

(社)日本下水道協会（委員会運営）

技術部技術指針課参事	山本 尚樹
技術部技術指針課係長	児玉 吉広

※順不同

【資料等作業協力】

宮城県土木部下水道課

岩手県土木部下水環境課

福島県土木部下水道課

仙台市建設局下水道事業部

被災市町村下水道部局

東京都下水道局

横須賀市上下水道局

大阪市建設局下水道河川部

神戸市建設局下水道河川部

(独)土木研究所材料資源研究グループ

(地方共同法人)日本下水道事業団技術戦略部

(財)下水道新技術推進機構研究第1部・研究第2部

※順不同

【参考資料】

(法律・手引き関係)

1. 津波防災地域づくりに関する法律
(<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/tsunamibousai>)
2. 津波浸水想定の設定の手引き
(<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/tsunamibousai>)
3. 津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について
(http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000274.html)
4. 津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る技術的助言について【参資－1】
(http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000274.html)

(被災・復旧状況関係)

5. 東日本大震災の記録（宮城県土木部版）
(<http://www.pref.miyagi.jp/jigyokanri/daisinsaikirokusi/indexjisinkirokusi.htm>)
6. 南蒲生浄化センター復旧方針検討委員会
(http://www.city.sendai.jp/sumiyoi/lifeline/gesui/1198913_1587.html#teigensyo)

(自治体における耐津波対策)

7. 東日本大震災を踏まえた緊急ドラフト Ver1.0 大阪市建設局・地震津波対策基本プラン（下水道編）（案）
(<http://www.city.osaka.lg.jp/hodoshiryo/kensetsu/0000140117.html>)

(復興支援スキーム検討分科会関係)

8. 気仙沼市における水産バイオマス等を活用した多様な地産池消エネルギー供給プロジェクト【参資－2】
9. 仙台市における管路更生事業と併せた下水熱回収プロジェクト【参資－3】

(その他)

10. 地震・津波対策総括表【参資－4】

【参資－ 1】

津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る技術的助言について

平成 23 年 11 月 17 日 国住指第 2570 号（国土交通省住宅局長付 各都道府県知事宛）
「津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について（技術的助言）」
の別添資料

東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針

ガイドライン巻末資料②「構造的要件の基本的な考え方」をもとに、東日本大震災における津波による建築物被害の調査を踏まえ、津波避難ビル等の構造上の要件について、以下の通り暫定指針をとりまとめた。(下線部がガイドラインからの変更箇所)

なお、本指針は、建築基準整備促進事業による東京大学生産技術研究所及び独立行政法人建築研究所による調査研究を踏まえ、国土交通省住宅局及び国土技術政策総合研究所においてとりまとめたものである。

1. 1 適用範囲

(1) 適用の確認

本設計法は、津波避難ビル等の構造設計に適用する。適用においては、地方公共団体によるハザードマップ等に示された想定浸水深により津波の設計用浸水深を設定する。

なお、今後、津波防災地域づくりにおいて、津波浸水想定（津波があった場合に想定される浸水の区域及び水深）が設定された場合には、これを基本に設計用浸水深を設定する。

(2) 新築への適用

新築に本設計法を適用する場合、本設計法に示されていない項目は、建築基準法（昭和25年法律第201号。以下「法」という。）その他の関係法令による。

(3) 既存建築物への適用

既存建築物への適用は、法上適法であるもののほか、法第3条の適用を受けている既存不適格建築物にあつては、建築物の耐震改修の促進に関する法律（平成7年法律第123号）第8条第3項第1号に基づく基準（平成18年国土交通省告示185号）又は昭和56年6月1日時点の法第20条の規定に適合するものを対象とする。

1. 2 用語

本設計法で用いる用語は、以下のように定義する。

設計用浸水深：敷地に想定される津波の浸水深で建築物が接する地表面までの津波の深さ(m)

津波荷重：津波によって建築物に作用する圧力及び力であり、津波波圧、津波波力及び浮力の総称

津波波圧：津波により建築物の受圧面に作用する水平方向の圧力(kN/m²)

津波波力：津波により建築物に作用する水平方向の力(kN)

浮力：津波により建築物に作用する鉛直方向上向きの力(kN)

受圧面：津波波圧を直接受ける面

耐圧部材：津波波圧を直接受け、破壊しないように設計する部材

非耐圧部材：津波波圧を直接受け、破壊することを容認する部材

構造骨組：受圧面で受けた力を建築物全体から基礎に伝達する架構

1. 3 構造計画

津波荷重に対する建築物の構造計画では、耐圧部材と非耐圧部材を明確に区分し配置する。

1. 4 津波荷重算定式

(1) 津波波圧算定式

構造設計用の進行方向の津波波圧は下式により算定する。

$$qz = \rho g(ah - z) \quad (4.1)$$

ここに、

qz : 構造設計用の進行方向の津波波圧 (kN/m²)

ρ : 水の単位体積質量 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 設計用浸水深 (m)

z : 当該部分の地盤面からの高さ ($0 \leq z \leq ah$) (m)

a : 水深係数。3とする。ただし、次の表に掲げる要件に該当する場合は、それぞれ a の値の欄の数値とすることができる。(注: この係数は、建築物等の前面でのせき上げによる津波の水位の上昇の程度を表したものでない。)

	要 件	a の値
(一)	津波避難ビル等から津波が生じる方向に施設又は他の建築物がある場合 (津波を軽減する効果が見込まれる場合に限る)	2
(二)	(一)の場合で、津波避難ビル等の位置が海岸及び河川から 500 m以上離れている場合	1.5

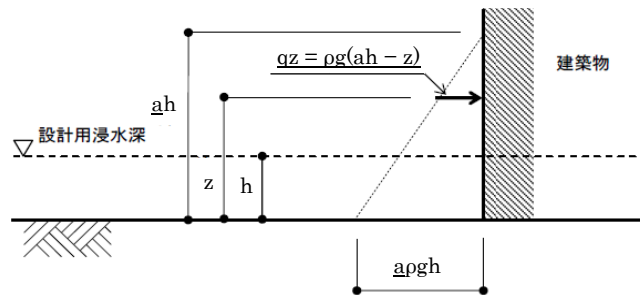


図 4 - 1 4.1 式による津波波圧

(2) 津波波力算定式

構造設計用の進行方向の津波波力は、4.1 式の津波波圧が同時に生じると仮定し、下式により算定する。

$$Qz = \rho g \int_{z_1}^{z_2} (ah - z) B dz \quad (4.2)$$

ここに、

Qz : 構造設計用の進行方向の津波波力 (kN)

B : 当該部分の受圧面の幅 (m)

z_1 : 受圧面の最小高さ ($0 \leq z_1 \leq z_2$) (m)

z_2 : 受圧面の最高高さ ($z_1 \leq z_2 \leq ah$) (m)

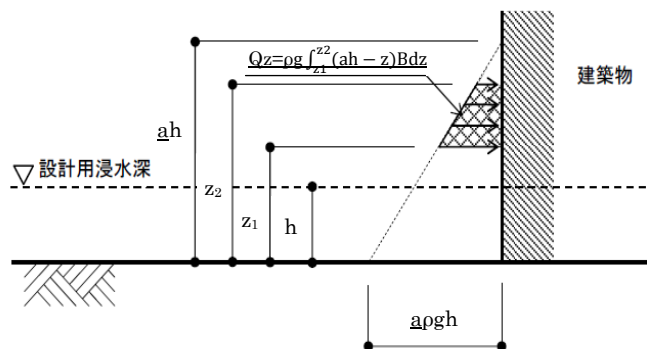


図 4-2 4.2 式による津波波力

(3) 開口による低減

開口部（津波波圧により破壊するよう設計した非耐圧部材によるものに限る。以下同じ。）における津波波力は、各高さ毎の受圧面の幅から各高さ毎の開口部の幅を除外して津波波力を算定すること、又は受圧面の面積から開口部の面積を除外した面積を受圧面の面積で除して得た割合を津波波力に乗じることにより低減することができる。ただし、原則として、除外する前の津波波力の 7 割を下回らないこととする。

(4) ピロティの取り扱い

ピロティを有する部分の津波波力は、ピロティ部分（柱・梁等の耐圧部材を除く。）に津波波圧が作用しないこととして、算定することができる。

(5) 水平荷重の方向

津波の水平荷重は、すべての方向から生じることを想定する。

ただし、津波の進行方向が、シミュレーション等による浸水深の予測分布や海岸線の形状から想定できる場合は、この限りでない。また、実状に応じて引き波を考慮する。

(6) 浮力算定式

津波によって生じる浮力は、下式により算定する。

$$Q_z = \rho g V \quad (4.3)$$

ここに

Q_z : 浮力 (kN)

V : 津波に浸かった建築物の体積 (m³)

ただし、開口率を勘案して水位上昇に応じた開口部からの水の流入を考慮して算定することができる。

(7) 特別な調査又は研究に基づく算出

当該津波避難ビル等の所在地における津波荷重を特別な調査又は研究に基づき算出する場合は、当該数値による。

1. 5 荷重の組み合わせ

津波荷重に対する建築物の構造設計では、以下に示す荷重の組み合わせを考慮する。

$$\begin{aligned} G + P + 0.35S + T & \quad (\text{多雪地域}) \\ G + P + T & \quad (\text{多雪地域以外の地域}) \end{aligned} \quad (5.1)$$

ここに、

G: 固定荷重によって生じる力

P: 積載荷重によって生じる力

S: 積雪荷重によって生じる力

T: 津波荷重によって生じる力

多雪区域は、特別な検討等による場合を除いて、建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）の規定に基づき特定行政庁が指定する区域とする。

1. 6 受圧面の設計

(1) 耐圧部材の設計

耐圧部材は、終局強度以内とし、確実に構造骨組に力を伝達できるようにする。また、必要に応じて止水に配慮する。

(2) 非耐圧部材の設計

非耐圧部材は、構造骨組みに損傷を与えることなく壊れることを容認する。

1. 7 構造骨組の設計

各方向、各階において、構造骨組みの水平耐力が、津波の水平荷重以上であることを下式により確認する。

$$Q_{ui} \geq Q_i \quad \text{—————} \quad (7.1)$$

Q_{ui} : i 層の津波の水平荷重に対する水平耐力（材料強度によって計算する各階の水平力に対する耐力等）

Q_i : i 層に生じる津波の水平荷重

また、耐圧部材は、設計した荷重の組み合わせに対して終局強度以内とする。

1. 8 転倒及び滑動の検討

建築物が、浮力及び自重を考慮して、津波荷重によって転倒又は滑動しないこと（杭基礎にあっては、杭の引き抜き耐力を超えないこと等）を確かめる。

1. 9 その他の構造設計上の配慮

(1) 洗掘

洗掘に配慮し、杭基礎とするか又は直接基礎の場合は洗掘により傾斜しないようにする。

(2) 漂流物の衝突

漂流物の衝突による損傷を考慮し、衝突により構造耐力上主要な部分が破壊を生じないこと又は柱若しくは耐力壁の一部が損傷しても、建築物全体が崩壊しないことを確かめる。

【参資－2】

気仙沼市における水産バイオマス等を活用した多様な地産池消エネルギー供給プロジェクト

気仙沼市における水産バイオマス等を活用した 多様な地産地消エネルギー供給プロジェクト

(報告書概要)

***** 目次 *****

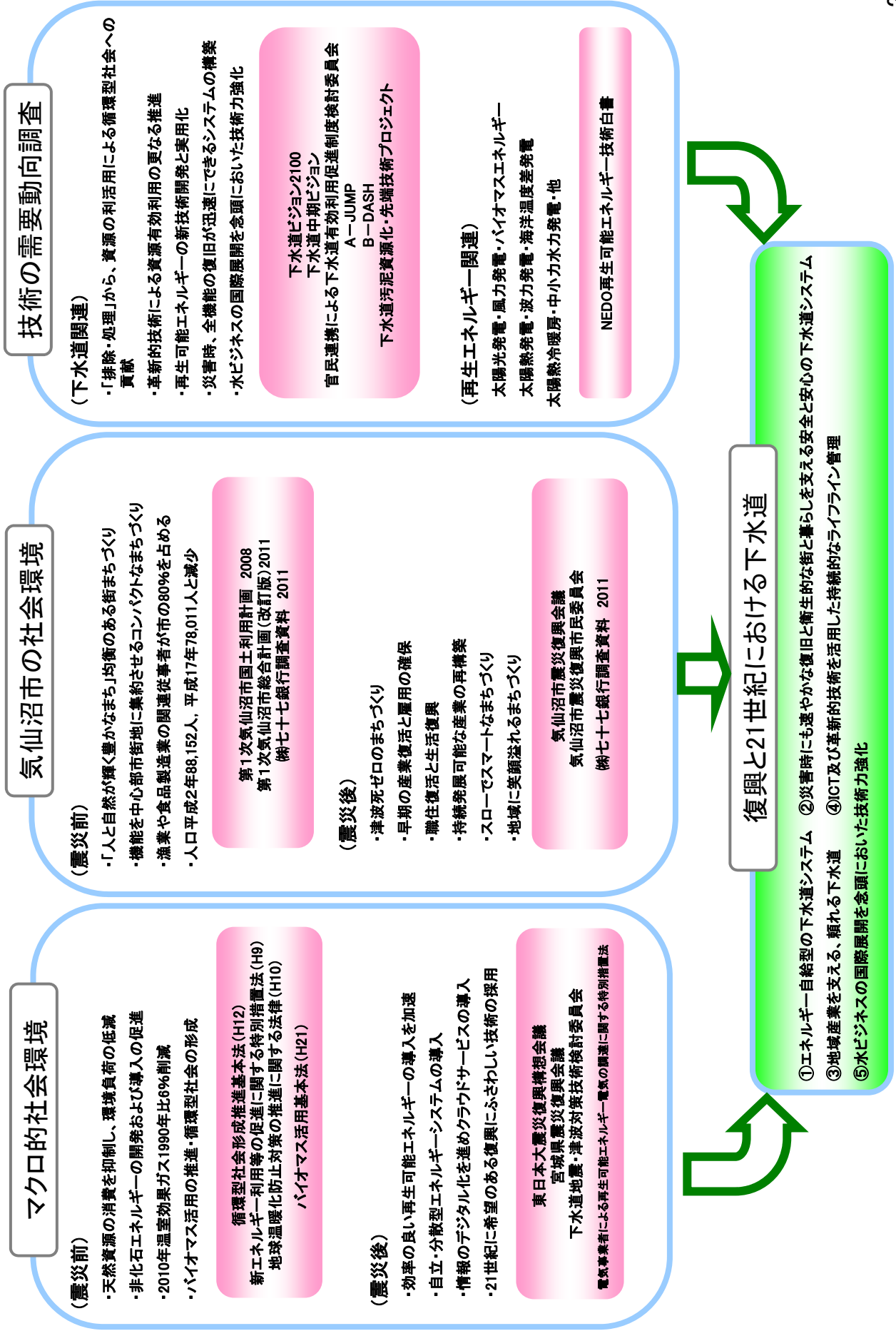
1. 新たな下水道システムにおける社会的ニーズの体系図
2. 新たな下水道システムの構想素案(FS)の検討 ～ブランドデザインのイメージ図
3. 革新的下水道と全体一般比較
4. 処理区分の設定と受け入れるバイオマスの調査
5. FSの検討 ① パターン
② 段階的整備の考え方
6. 経済効果のまとめ ① 物質収支のまとめ 3-1 (既設処理場)
② 物質収支のまとめ 3-2 (既設処理場)

参考：FS後の検討 ～ ① パターン

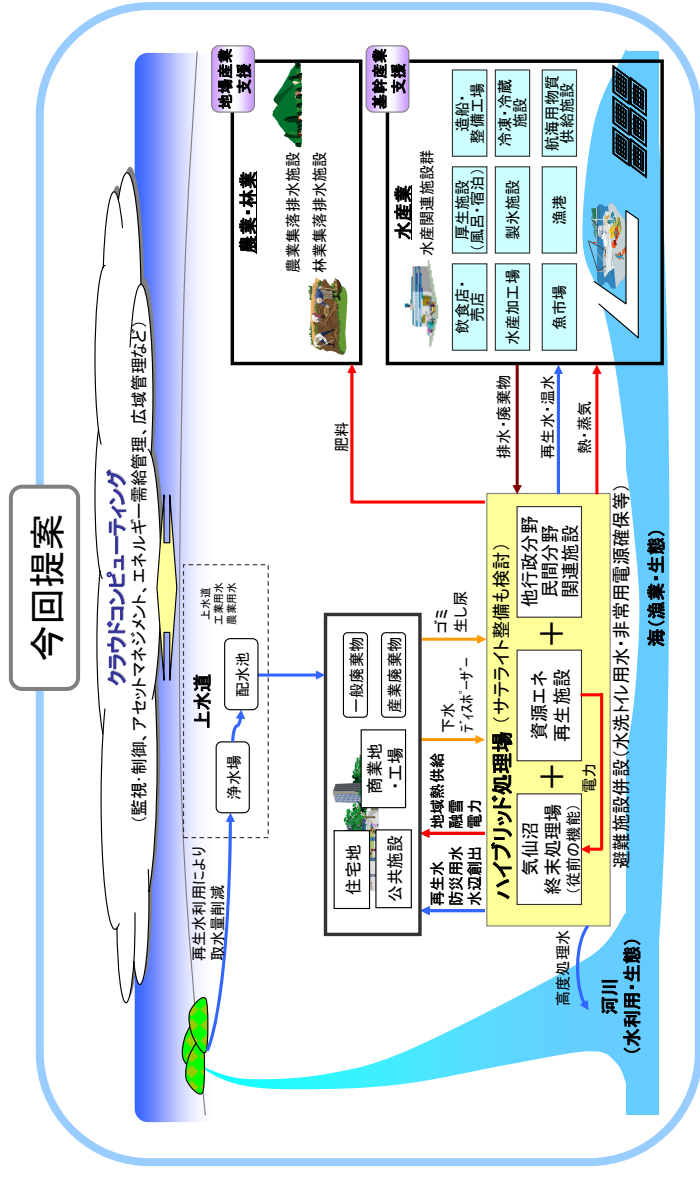
② 経済効果のまとめ

7. 新たな評価指標の設定 ① 気仙沼復興計画の実現に向けて ～重視すべき視点と基本スタンス
② 指標開発の必要性と指標の果たす役割 ～気仙沼復興計画 第6章「計画の着実な推進」～
③ A『復興計画』～ B『コミュニティ評価指標』～ C『インフラ評価指標の階層構造』
④ 下水道インフラの「従来の評価指標」と「ハイブリッド下水道システムの評価指標」
8. 官民連携型の事業手法の検討 ① 事業手法検討に際して踏まえるべき要件
② 検討スキーム概要比較
9. ハイブリッド下水道システム導入するにあたって ～ 高濃度排水等の受け入れに伴い予想される水処理への影響
10. 今後の対応方針 地震津波対策検討委員会 報告より

1. 新たな下水道システムにおける社会的ニーズの体系図



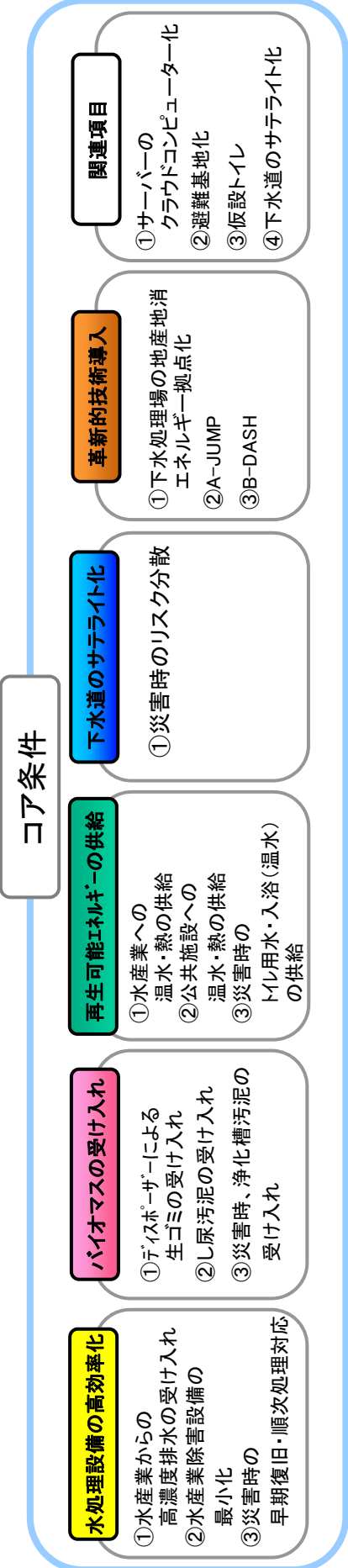
2. 新たな下水道システムの構想素案(FS)の検討 グラントデザインイメージ図



- 『ハイブリッド下水道システム』の機能
- ① 「公共施設」+「民間施設」
 - ② 「通常下水」+「廃棄物」
(一般廃棄物、産業廃棄物)
 - ③ 「下水道行政」+「他分野行政」
(農林水産、廃棄物、防災他)
 - ④ 「本来機能」+「付加機能」
(資源エネルギーを回収・再生・提供)



- 地域のエネルギーマネジメント、水マネジメントの実現
- 地域産業・経済の競争力向上
- 地域行政の効率化、持続可能性の確保



- 水処理設備の高効率化**
- ① 水産業からの高濃度排水の受け入れ
 - ② 水産業除害設備の最小化
 - ③ 災害時の早期復旧・順次処理対応

- バイオマスの受け入れ**
- ① ディスボージャーによる生ゴミの受け入れ
 - ② し尿汚泥の受け入れ
 - ③ 災害時、浄化槽汚泥の受け入れ

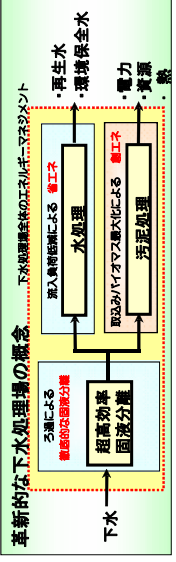
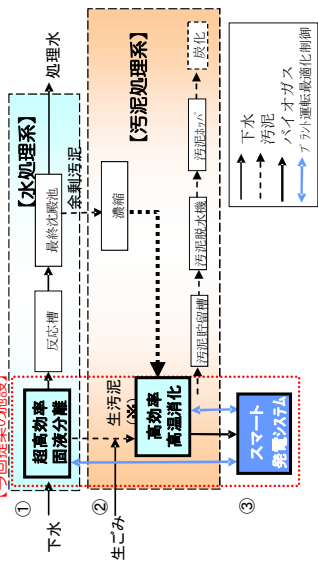
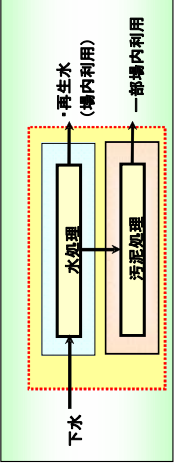
- 再生可能エネルギーの供給**
- ① 水産業への温水・熱の供給
 - ② 公共施設への温水・熱の供給
 - ③ 災害時のトイレ用水・入浴(温水)の供給

- 下水道のサテライト化**
- ① 災害時のリスク分散

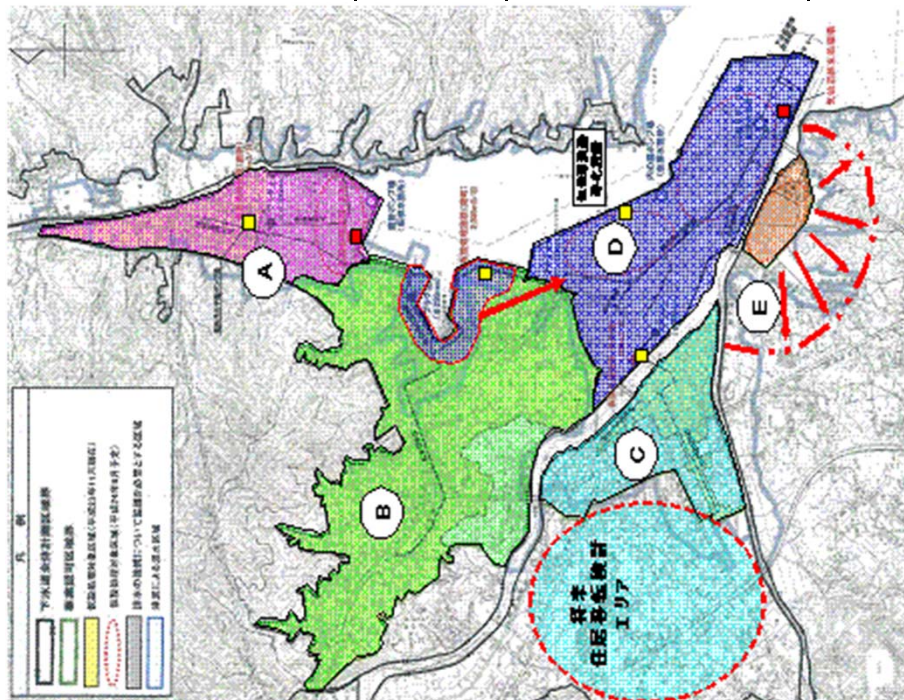
- 革新的技術導入**
- ① 下水処理場の地産地消エネルギー拠点化
 - ② A-JUMP
 - ③ B-DASH

- 関連項目**
- ① サーバーのクラウドコンピューター化
 - ② 避難基地化
 - ③ 仮設トイレ
 - ④ 下水道のサテライト化

3. 革新的下水道と従来法の全体一般比較

項目	革新的下水道（ハイブリッド下水道）	一般的な下水道処理場
1. 概念図 2. フローシート <small>※「生汚泥」定義 本提案書では、「超効率固液分離」にて回収される汚泥を「生汚泥」と称する。従前の処理方法においては、最初沈殿池から回収される「初沈汚泥」に相当。</small>	 <p>革新的な下水処理場の概念 <small>導入機器・設備による「省エネ」 <small>超効率固液分離 <small>下水 <small>超効率固液分離 <small>高効率高温消化 <small>汚泥処理 <small>再生水・環境保全水 <small>電力・資源・熱</small></small></small></small></small></small></small></small></p> <p>革新的な下水処理場の表現に向けて、提案する3技術のフローを以下に示す。 <small>（今回提案の施設）</small></p>  <p>① 下水 ② 生ごみ ③</p> <p>【水処理系】 反応槽 → 最終沈殿池 → 処理水</p> <p>【汚泥処理系】 超効率固液分離 → 生汚泥 → 高効率高温消化 → 汚泥貯留槽 → 浮泥脱水機 → 汚泥焼か → 炭化</p> <p>スマート発電システム 下水 → 汚泥 → バイオガス → フランク運転最適化制御</p>	 <p>下水 → 水処理 → 再生水（場内利用） 下水 → 汚泥処理 → 一部場内利用</p> <p>下水 → 沈殿池 → 反応槽 → 最終沈殿池 → 処理水</p> <p>下水 → 超効率固液分離 → 中温消化槽 → 汚泥貯留槽 → 浮泥脱水機 → 汚泥焼か → 炭化</p> <p>比較対象範囲</p>
3. 説明 [以下、水処理・消化・発電の順で説明する。]	<p>①超効率固液分離 下水中の有機物を生汚泥として徹底的に回収し、水処理系への負荷を可能な限り削減する。BOD除去率は50%以上、SS除去率は60%以上である。</p> <p>②高効率高温消化（55℃） 混合バイオマスから高効率にバイオガスを生成させる。消化日数は、5日程度。</p> <p>③スマート発電システム 使用電力量の平滑化とバイオガスの有効利用により電気料金を削減する。「フランク運転最適化制御」と「ハイブリッド型発電機（バイオガスと都市ガスの併用型）」で構成され、将来的な下水処理場全体のエネルギーマネージメントシステムの構築が可能となる。</p> <p>④クラウドコンピュテーティングシステム 上下道に関わる情報及びデータを標準化・共有化し、包括化・広域化の対応ができる。特に、災害時における緊急・復旧時・復興時の対応が迅速にできるシステムである。</p>	<p>①最初沈殿池 BOD除去率は40%、SS除去率は50%のため、広いスペースが必要。</p> <p>②中温消化（35℃～40℃） 下水汚泥から消化ガスを生成させる。通常消化日数は20日程度。</p> <p>③ガス発電 消化ガスによりガス発電を行い、電力として回収し、処理場内で利用している。ガス生成量により、発電量が変動する。</p> <p>④処理場の中央管理と現場の単独管理の併用型</p>

4. 処理分区の設定と受け入れるバイオマスの調査



対象地区	処理区名称	地区の概要と流入排水等	受け入れるバイオマス				FS受入対象検討
			項目	発生量(t/年)	リサイクル率	件数	
A地区	鹿折(サテライト)	「水産加工団地」中心地区	水産加工排水以外の他バイオマス受け入れなし(既設処理場へ移送)				
B地区		「住・工・商」混在地区	し尿汚泥	1,651	100%	1	△
			工場排水汚泥	18,639	21%	25	○
C地区		「住・工・商」混在地区	食品工場等	1,877	17%	7	○(DSP)
			集団給食施設	188	52%	18	△
D地区	南気仙沼・赤岩(既設処理場)	「水産加工団地」中心地区	宿泊施設	945	0%	101	△(DSP)
			小売店	76	76%	1	×
			その他事業系(飲食店等)	1,962	-	107	△~○(DSP)
E地区		「水産加工団地」中心地区(拡張予定)	家庭系	6,449	-	-	○(DSP)
			生ごみ総発生量	11,501	4%	-	-
			魚腸骨	24,000	100%	-	×

注) DSP : デイスポージャーの略

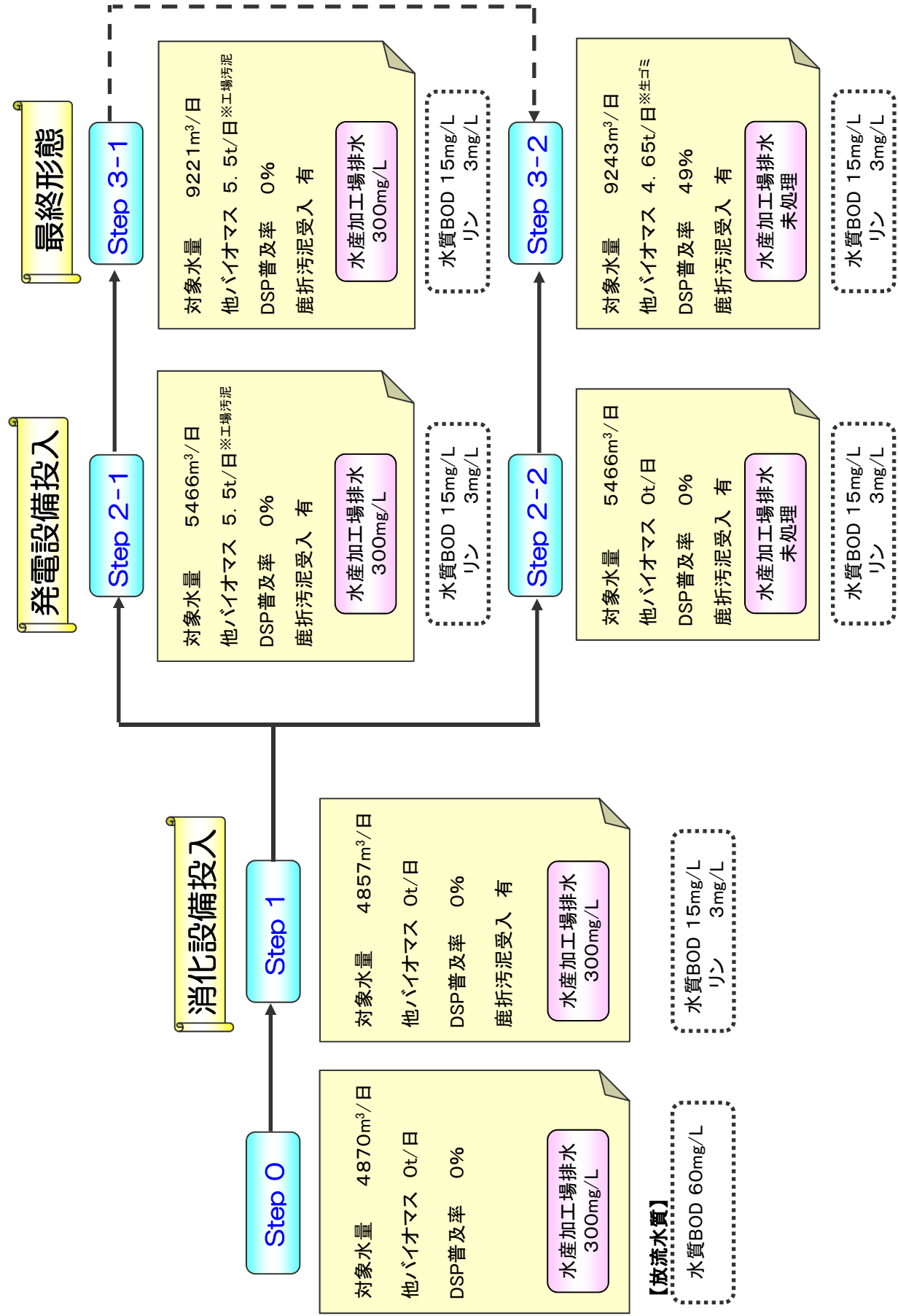
5. FSの検討

① パターン

パターン		原形復旧	従来型	ハイブリッド下水道
緒元	BOD 300mg/L (除害施設あり)	○	○	○ (HB II)
	BOD 1,500mg/L (除害施設なし)	—	○	○ (HB I)
水処理方式		初沈＋嫌気好気法	初沈＋嫌気好気法	高効率ろ過＋嫌気好気法
汚泥処理 ※ FSでは「炭化」は対象外		脱水＋(炭化)	中温消化30日＋発電 ＋脱水＋(炭化)	高温消化5日＋燃料電池 ＋脱水＋(炭化)

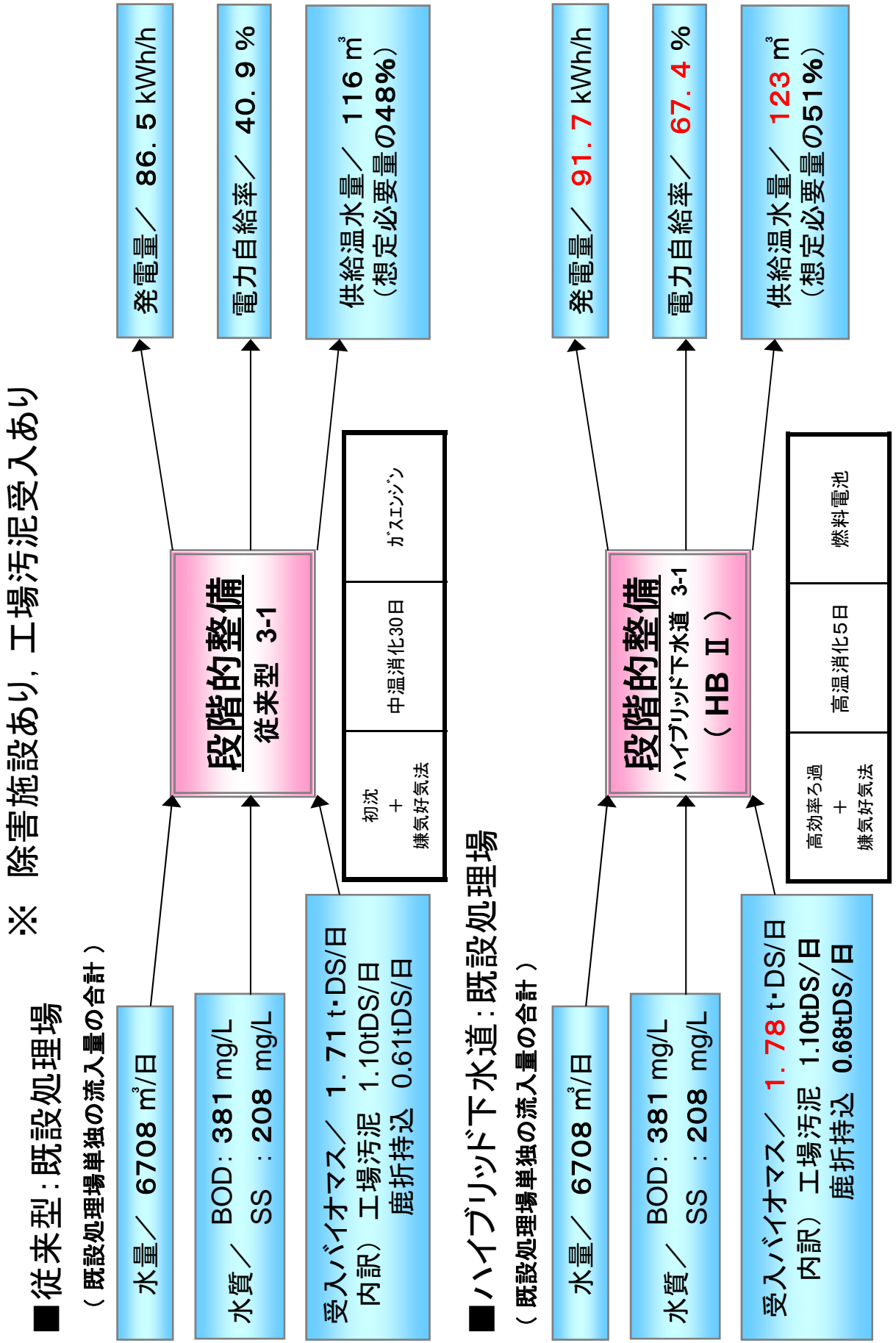
5. FSの検討

②段階的整備の考え方



6. 経済効果のまとめ

① 物質収支のまとめ 3-1 (既設処理場)



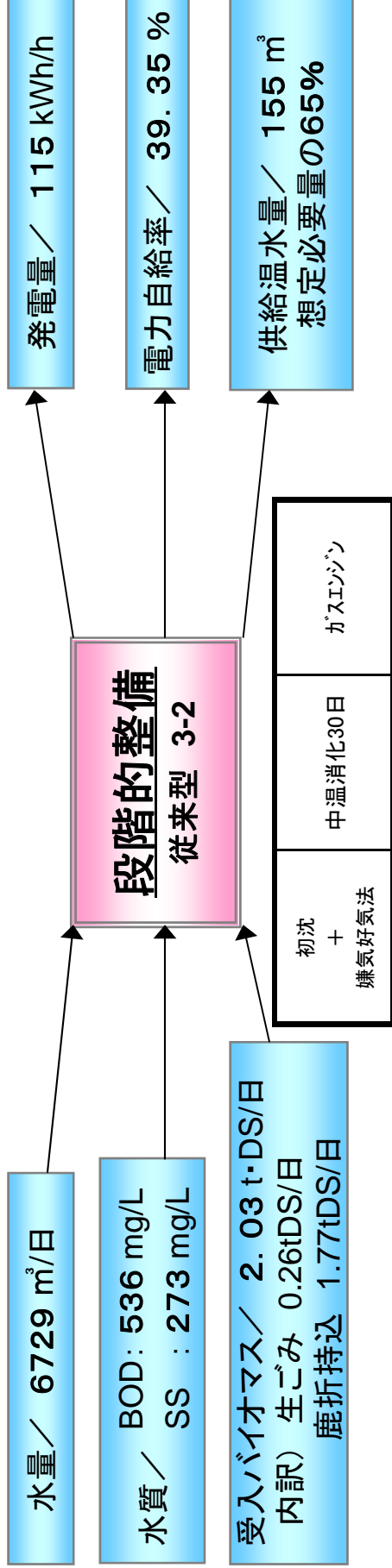
6.経済効果のまとめ

② 物質収支のまとめ 3-2 (既設処理場)

※ 除害施設なし, 生ごみ受入あり, DSP普及率約50%

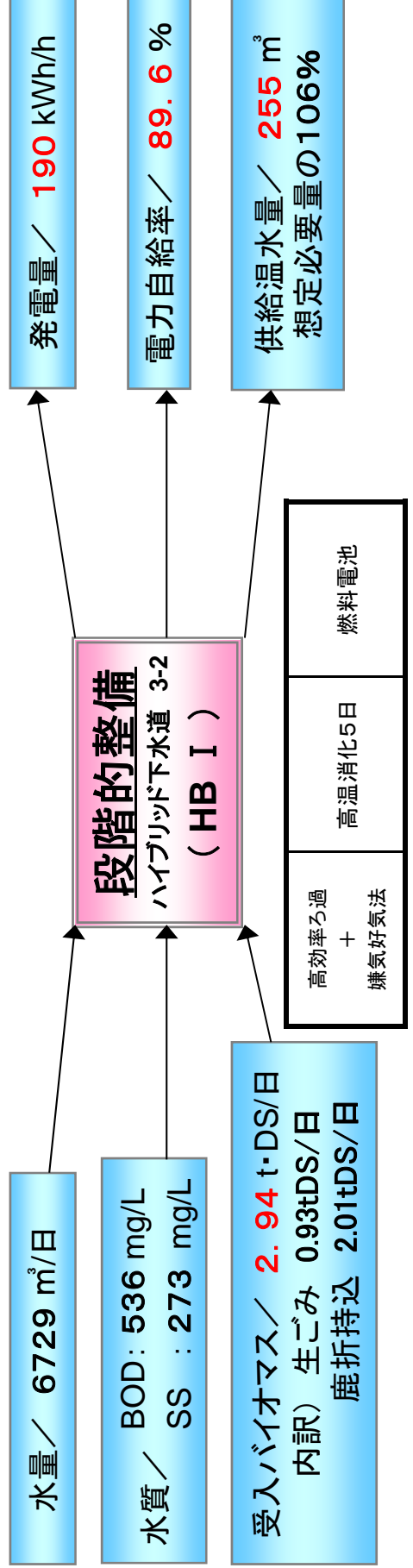
■ 従来型: 既設処理場

(既設処理場単独の流入量の合計)



■ ハイブリッド下水道: 既設処理場

(既設処理場単独の流入量の合計)



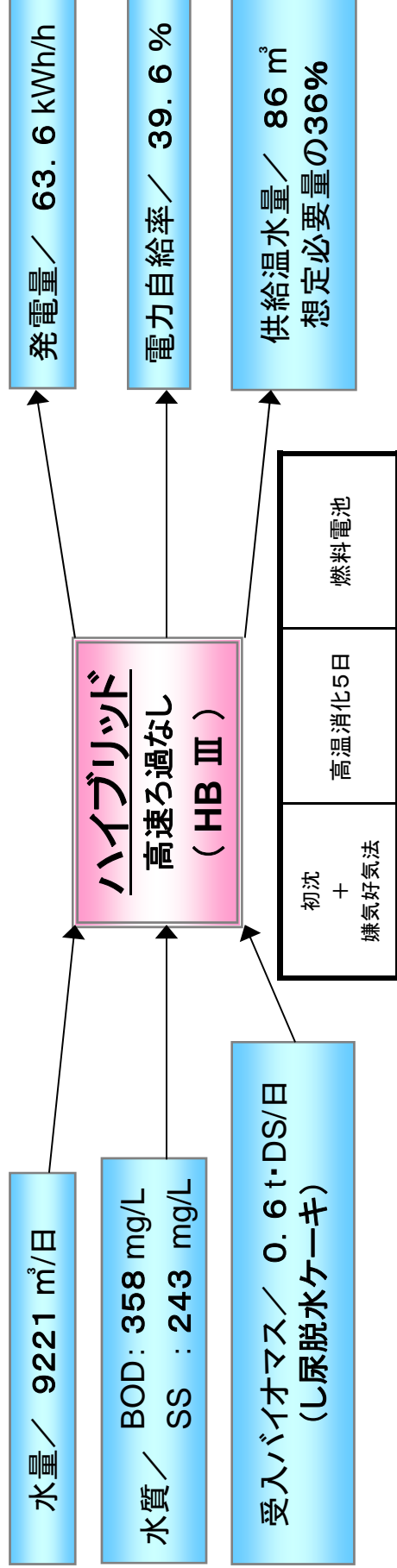
参考：FS後の検討
① パターン

緒元	パターン	原形復旧	ハイブリッド下水道(変法)	ハイブリッド下水道
流入水質	BOD 300mg/L	○	○ (HBⅢ)	○ (HBⅡ)
	BOD 1,500mg/L	—	—	—
水処理方式		初沈＋嫌気好気法	初沈＋嫌気好気法	高速ろ過＋嫌気好気法
汚泥処理 ※ FSでは「炭化」は対象外		脱水＋(炭化)	高温消化5日＋燃料電池 ＋脱水＋(炭化)	消化5日＋燃料電池 ＋脱水＋(炭化)

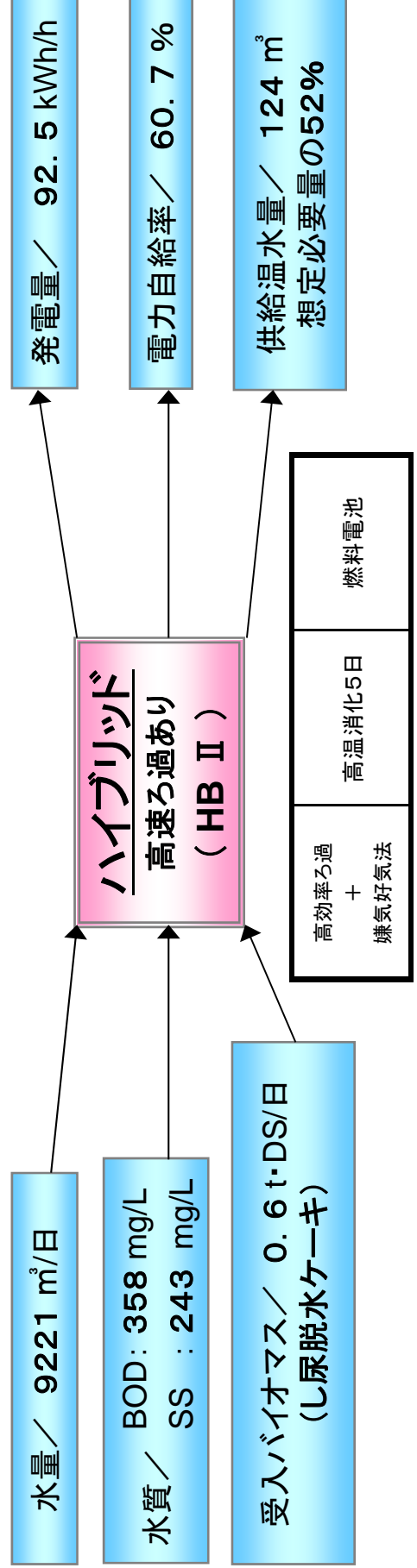
参考 : FS後の検討
 ②経済効果のまとめ

※ 除害施設あり, し尿受入あり, DSPなし

■ハイブリッド下水道: 既設処理場集約処理(高速ろ過なし)

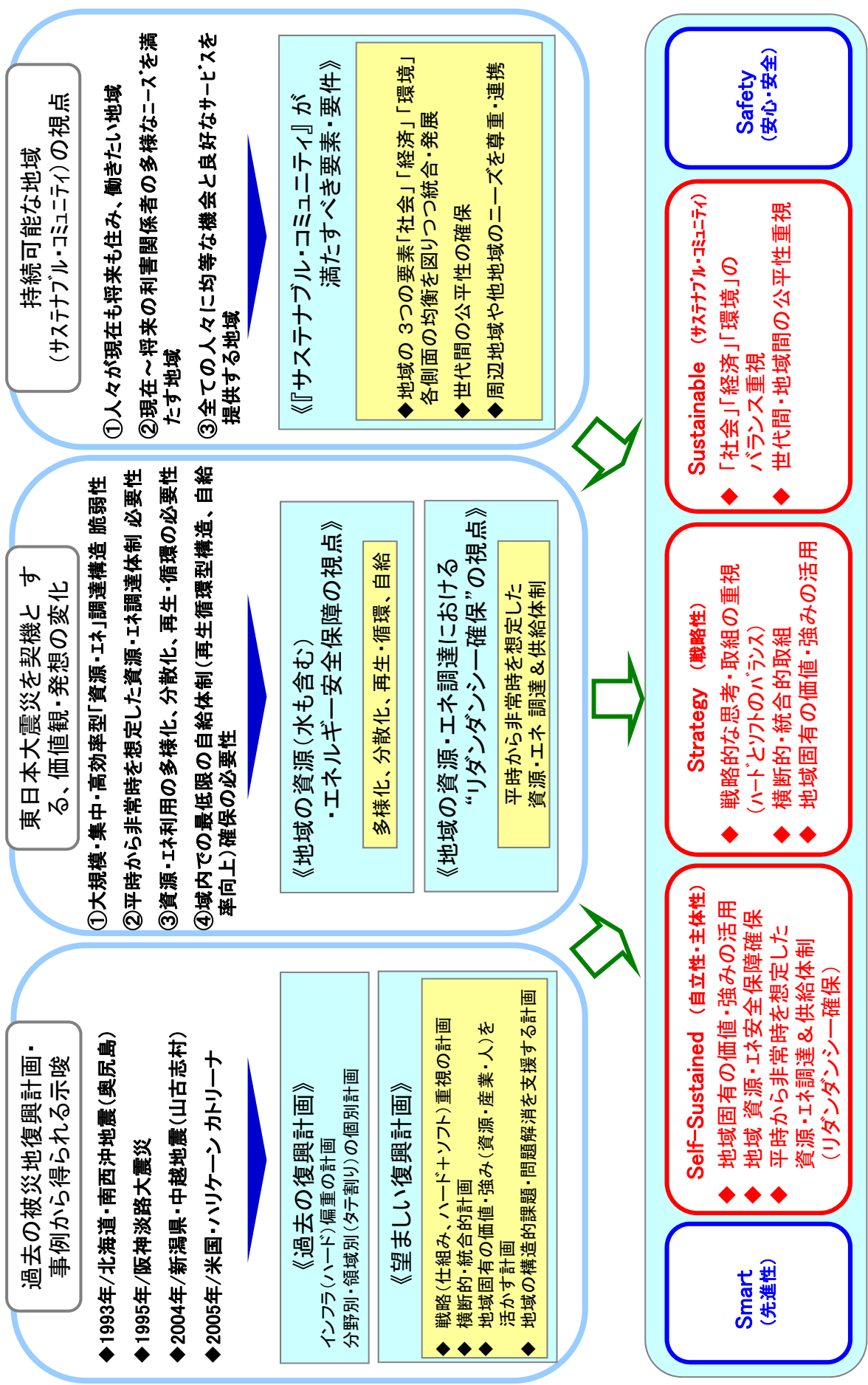


■ハイブリッド下水道: 既設処理場集約処理(高速ろ過あり)



7. 新たな評価指標の設定

① 気仙沼復興計画の実現に向けて～重視すべき視点と基本スタンス～



「地域力」を構成する5つの「S」のなかで、“3S”が復興計画を着実に推進する原動力

7.新たな評価指標の設定

② 指標開発の必要性と指標の果たす役割 ～気仙沼復興計画 第6章 「計画の着実な推進」～

1. 復興計画(目指す方向・目標)を共有化するツール (ベクトル合わせ)

- ① 地域の利害関係者間で目標共有化を図る
- ② 地域全体の重要なガバナンスツール (市民団体、産業界、自治体・議会の合意形成)

2. 復興計画の実現性を測る(「見える化」する)ツール (ものさし)

- ① 地域固有の価値・強み(資源・産業・人)を象徴する、誰にでも判かる指標開発が重要
- ② 復興計画の進捗管理、実効性の評価、計画の修正・追加 (PDCAをまわす)

3. 復興期以降も、地域ビジョンの実現、地域の持続的発展を支援するツール

～地域固有の価値の更なる向上 (「コミュニティ・バリュー」アップ)～

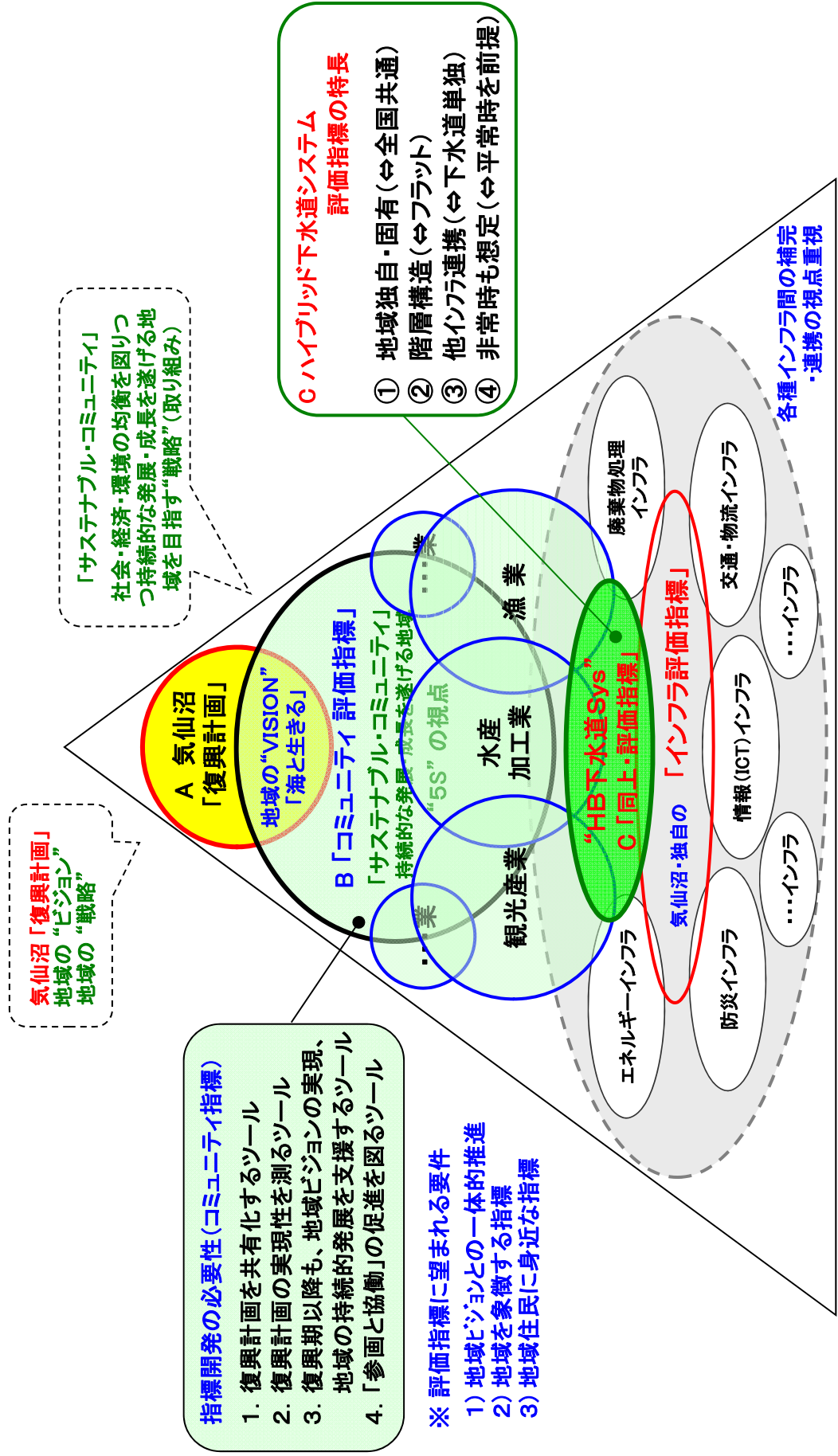
4. (上記1～3を通じて) 「参画と協働」の促進を図るツール

A『復興計画(地域ビジョン・地域戦略)』～ B「コミュニティ評価指標」～ C「インフラ評価指標」(p 3)

- ① 『復興計画(地域ビジョン・地域戦略)』の実現に寄与・貢献する「コミュニティ評価指標」
- ② 「コミュニティ評価指標」実現に寄与・貢献する「インフラ評価指標」
- ③ 上記 A, B, C の整合性 確保

7.新たな評価指標の設定

③A『復興計画』～ B『コミュニティ評価指標』～ C『インフラ評価指標』の階層構造



7.新たな評価指標の設定

④ 下水道インフラの「従来の評価指標」と「ハイブリッド下水道システムの評価指標」

従来の評価指標

項目	指標	単位
自己発生率	① 下水処理率	%
自己発生率	② 下水処理率	%
自己発生率	③ 下水処理率	%
自己発生率	④ 下水処理率	%
自己発生率	⑤ 下水処理率	%
自己発生率	⑥ 下水処理率	%
自己発生率	⑦ 下水処理率	%
自己発生率	⑧ 下水処理率	%
自己発生率	⑨ 下水処理率	%
自己発生率	⑩ 下水処理率	%
自己発生率	⑪ 下水処理率	%
自己発生率	⑫ 下水処理率	%
自己発生率	⑬ 下水処理率	%
自己発生率	⑭ 下水処理率	%
自己発生率	⑮ 下水処理率	%
自己発生率	⑯ 下水処理率	%
自己発生率	⑰ 下水処理率	%
自己発生率	⑱ 下水処理率	%
自己発生率	⑲ 下水処理率	%
自己発生率	⑳ 下水処理率	%
自己発生率	㉑ 下水処理率	%
自己発生率	㉒ 下水処理率	%
自己発生率	㉓ 下水処理率	%
自己発生率	㉔ 下水処理率	%
自己発生率	㉕ 下水処理率	%
自己発生率	㉖ 下水処理率	%
自己発生率	㉗ 下水処理率	%
自己発生率	㉘ 下水処理率	%
自己発生率	㉙ 下水処理率	%
自己発生率	㉚ 下水処理率	%
自己発生率	㉛ 下水処理率	%
自己発生率	㉜ 下水処理率	%
自己発生率	㉝ 下水処理率	%
自己発生率	㉞ 下水処理率	%
自己発生率	㉟ 下水処理率	%
自己発生率	㊱ 下水処理率	%
自己発生率	㊲ 下水処理率	%
自己発生率	㊳ 下水処理率	%
自己発生率	㊴ 下水処理率	%
自己発生率	㊵ 下水処理率	%
自己発生率	㊶ 下水処理率	%
自己発生率	㊷ 下水処理率	%
自己発生率	㊸ 下水処理率	%
自己発生率	㊹ 下水処理率	%
自己発生率	㊺ 下水処理率	%
自己発生率	㊻ 下水処理率	%
自己発生率	㊼ 下水処理率	%
自己発生率	㊽ 下水処理率	%
自己発生率	㊾ 下水処理率	%
自己発生率	㊿ 下水処理率	%

インフラ評価指標

C. ハイブリッド(HB)下水道システム評価指標

- ① 地域産業・地域特性・地域の固有価値を反映したインフラ評価指標
 - ① 地域産業・地域特性・地域の固有価値を反映したインフラ評価指標
 - ② 地域ビジョン・地域戦略につながるインフラ評価指標
 - ③ 廃棄物・エネルギーなど、他インフラとの連携・相互補完を視野に入れたインフラ評価指標
 - ④ 非常時(災害時、事故時なども)も想定したインフラ評価指標
- ②
 - 水産バイオマス受入比率
 - ハイブリッド除害施設比率
 - 場外への再生水・温水・蒸気の提供量
 - ハイブリッド下水道による地域水環境負荷の軽減量
 - ハイブリッド下水道によるリン資源回収の改善率
 - ハイブリッド下水道の温室効果ガス排出抑制量
 - 域外寄港漁船の廃棄物(船倉水)処理量
- ③
 - ハイブリッド下水道の家庭系生ごみ受入率
 - 下水道区域内・家庭生ごみ有効利用率
 - ハイブリッド下水道・買電比率
 - 非常時・災害時の処理場内エネルギー自給・確保率
 - 非常時・災害時 場外への供給可能エネルギー(温水・蒸気、電力量、再生水)

B. コミュニティ評価指標(例)

Strategy (戦略性)

- ◎水産廃棄物(バイオマス)有効利用率 (“さかな”丸ごと利用率)
- ◎水揚げ1トン当たり温室効果ガス排出量
- ◎域外・漁船の寄港数
- ◎域外・水産加工業の誘致・進出数
- ◎観光客数

Self-Sustained (自立性・主体性)

- ◎失業率
- ◎産業別・就労人口動向 (水産業・水産加工業、同左関連産業)
- ◎人口動向(転出・転入人口)
- ◎人口動向(合計特殊出生率)
- ◎一人あたり年間平均所得

Sustainable (サステナブル・コミュニティ)

- ◎温室効果ガス排出量
- ◎バイオマス有効利用率・率
- ◎家庭生ゴミ・有効利用率
- ◎河川・河口・沿岸海域の水質
- ◎生物(地域固有種)の生息状況
- ◎廃棄物処理の総コスト額

Safety (安心・安全)

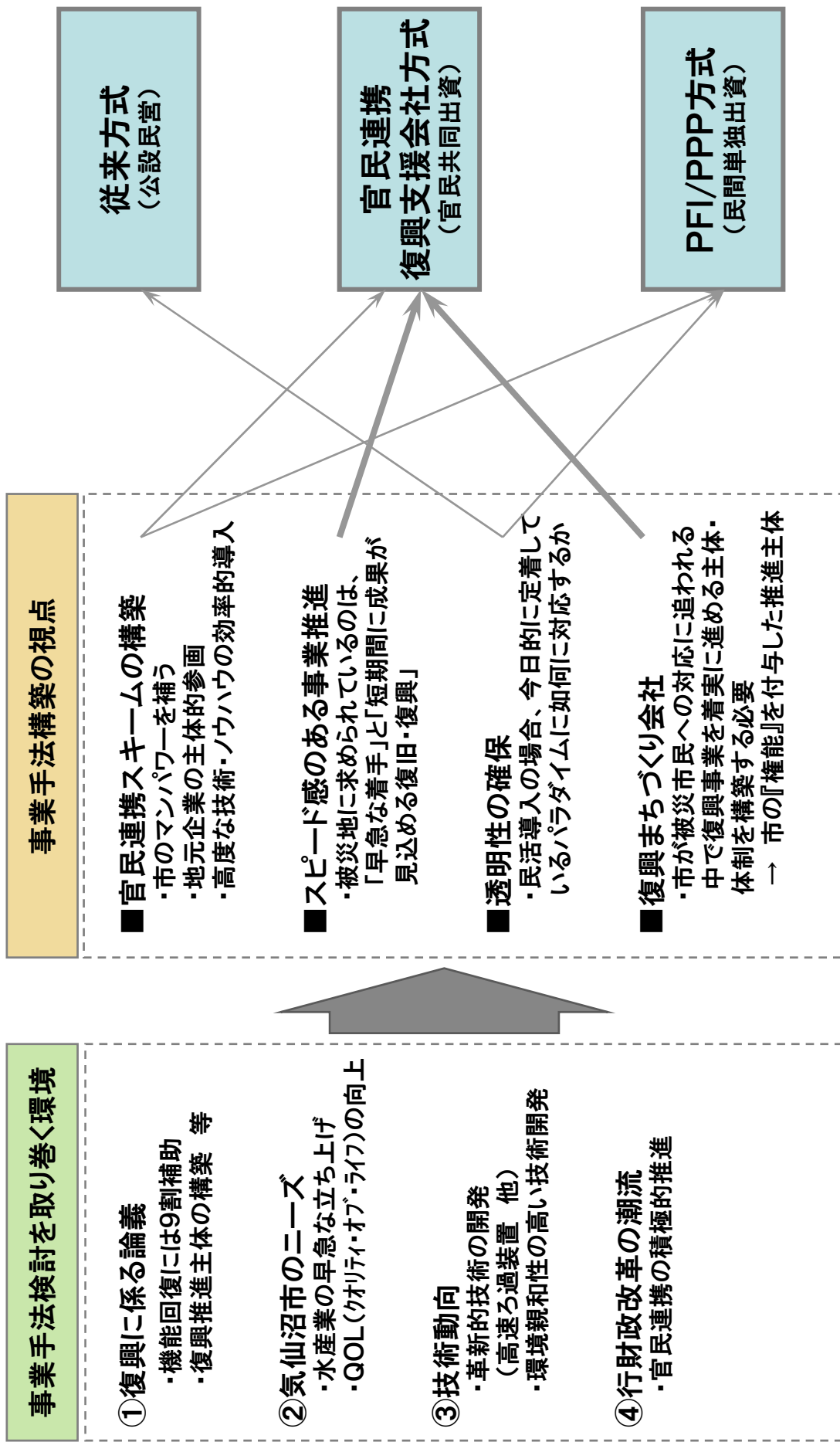
- ◎域内・資源エネルギー自給率(量) (平時/非常時)
- ◎域内・発電電力量(電力自給率)
- ◎バイオマス&再生エネルギーの電力量
- ◎非常時・災害時に確保可能な電源数・電源容量

Smart (先進性)

- ◎地域・自治体情報の管理効率化度
- ◎地域情報・自治体情報の情報セキュリティ度
- ◎地域生活情報基盤への住民・産業アクセス数
- ◎地域インフラ施設の管理効率化度(アウト・接続率)

8. 官民連携型の事業手法の検討

① 事業手法検討に際して踏まえるべき要件

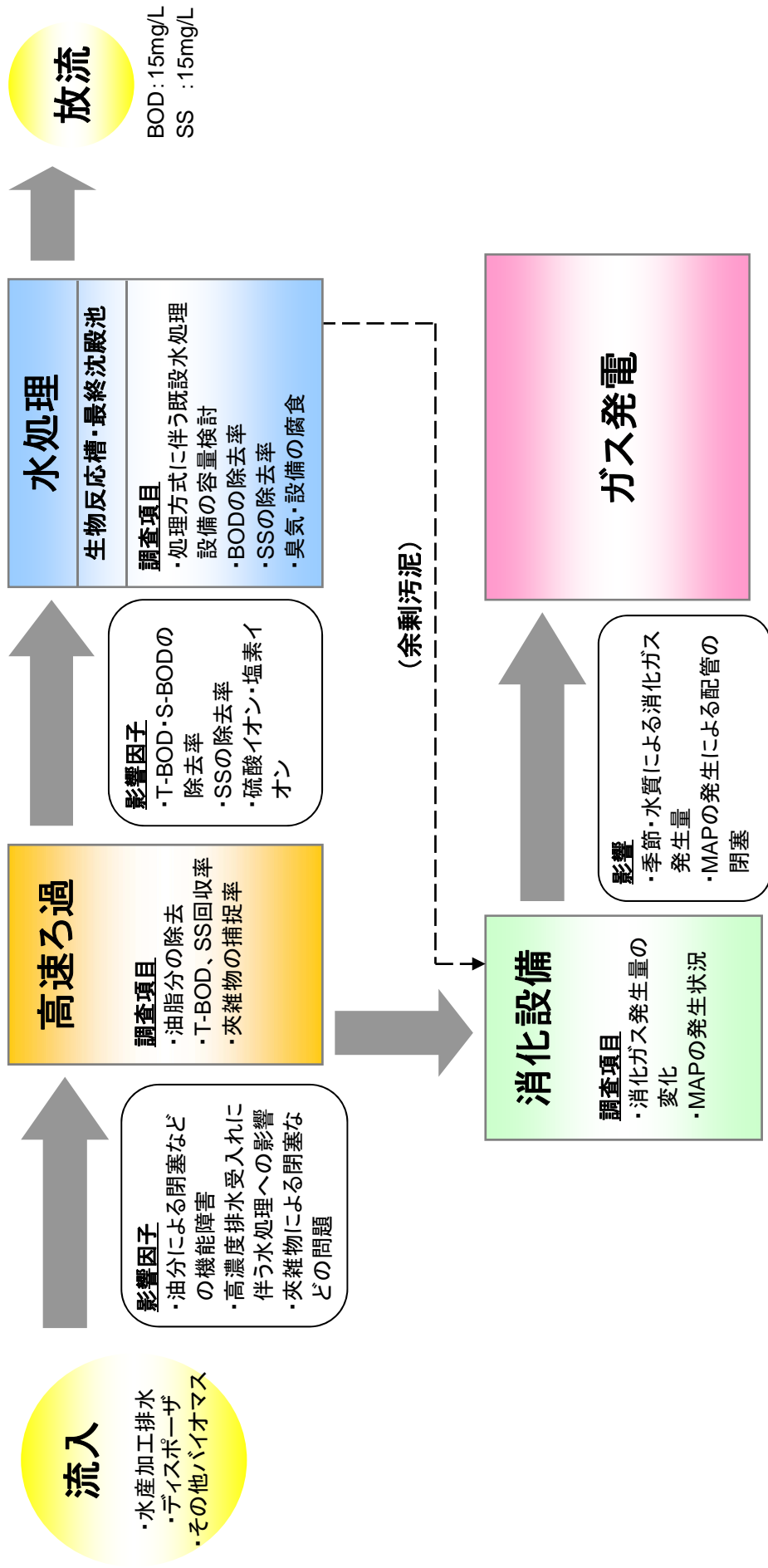


8. 官民連携型の事業手法の検討 ② 検討スキーム概要比較

	従来方式	ケース1 (復興支援会社A)	ケース2 (復興支援会社B)	ケース3 (PFI-BTO)	ケース4 (DBO)
事業主体	市	市 市は復興支援会社に 発注事務の一部の 権能を付与	復興支援会社 市は復興支援会社に 発注及び事業の 権能を付与	PFI事業者 市はPFI事業者に 事業権を付与	市
業務発注者	市	復興支援会社	復興支援会社	PFI事業者	市 (設計建設) SPC(管理運営)
契約方式	請負・委託	請負・委託	復興支援会社と 各社が請負・委 託	PFI事業者と各社 が請負・委託	基本契約 請負・長期委託
	市	市	復興支援会社	PFI事業者	市
所有権	建設中	市	市	市	市
	建設後	市	市	市	市
補助金受給	市	市	市	市	市
備考		復興支援会社に 市が出資	復興支援会社に 市が出資		

9.ハイブリッド下水道システムを導入するにあたって

① 高濃度排水等の受け入れに伴い予想される水処理への影響



応急仮施設の運転状況及び、操業再開後の水産加工排水の実測データを踏まえながら
具体的な内容について、今後、調査・検討することが必要

10. 今後の対応方針

市の災害復旧事業の進捗状況なども踏まえ、
現行の産官学による調査チームの中で適切な役割分担
を定めながら、下記の実証実験等を進め、可能なもの
から段階的に復興事業に反映させる。

- ①水産バイオマス等の受け入れを想定し、メタン発酵の効率等を
検証するための「高速メタン発酵施設」の実証実験
- ②応急仮復旧施設として稼働中の「高効率高速ろ過施設」の活用
及び「高濃度排水処理施設」を組み合わせた高濃度排水の処理
性能に関する実証実験
- ③PPPを含めた事業スキームの検討

【参資－3】

仙台市における管路更生事業と併せた下水熱回収プロジェクト

仙台市における管路更生事業と併せた下水熱回収プロジェクト

(報告書概要)

1. 事業可能性調査
2. 現地下水管路調査
3. X地区での検討
4. Y地区での検討

1. 事業可能性調査

○業務項目

I. 新たな下水道システムに求められる社会的ニーズの整理

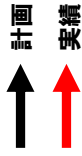
- ①地域の社会環境調査
 - ・仙台市震災復興計画 ・仙台市下水道事業長期計画
 - ・地域特性 ・市民ニーズ調査等
- ②技術の需要動向調査
 - ・下水熱利用に関する技術 ・下水熱回収に関する技術
 - ・資源エネルギー関連技術 ・管路の改築更新に関する技術
- ③マクロ的社会的環境調査
 - ・復興基本法、7原則 ・再生エネルギー法 ・下水道施設復興のあり方
 - ・下水道資源有効利用に関する提言等

II. 下水熱利用システムの構想素案の検討

- ①FS候補地現地調査
 - ・周辺利用者ニーズ調査 ・管路調査(温度・流量・空調等)
 - ・熱負荷(給湯・空調) ・既設設備状況 ・地上状況(距離・設置スペース等)
- ②下水熱利用システムのグラントデザイン構築
 - ・グラントデザイン構築の前提条件(利用方法・利用先・必要機能等)
 - ・システムの概略設計(必要技術・必要部材・施工方法・システム設計等)
- ③事業可能性の調査・分析・評価
 - ・有効性(省エネ効果、環境評価)評価 ・費用(建設費、維持管理費)試算
 - ・整備方法と資金調達方法の検討 ・他行政分野との連携、民間との連携
- ④他地区(FS候補地以外)への展開の可能性検討・課題の抽出

1. 事業可能性調査

【下水熱利用システムの構想立案】 マスタースケジュール

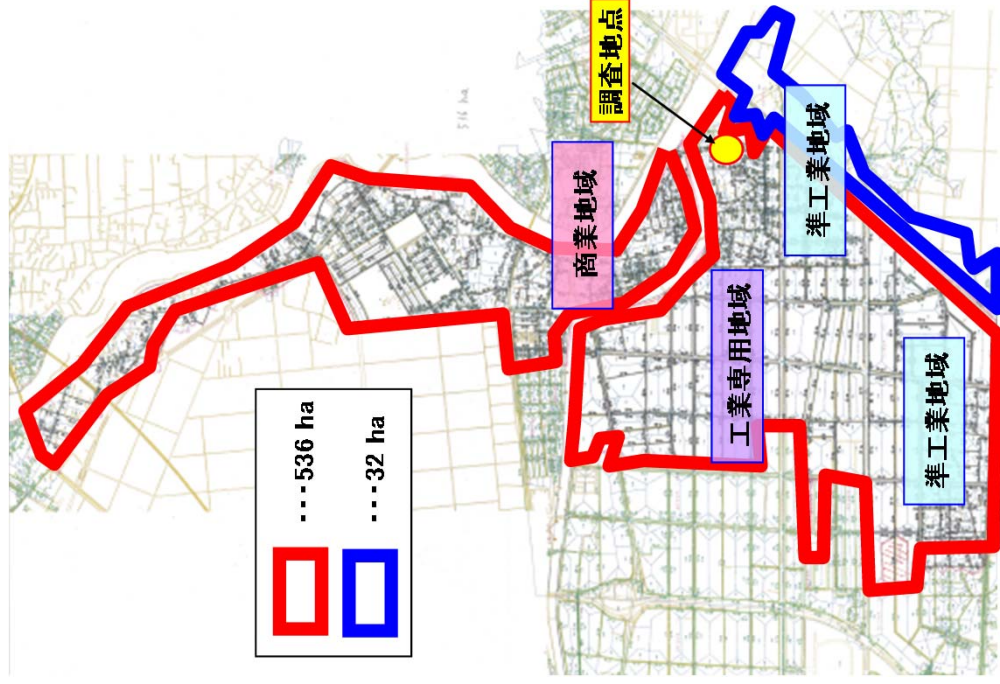
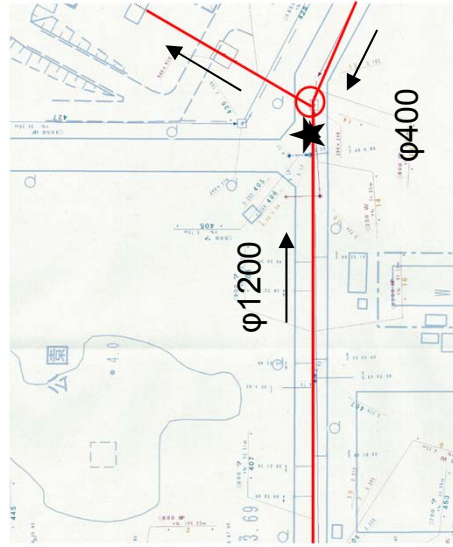


実施項目	11月				12月				'12/1月				2月				3月															
	28-4	5-11	12-18	19-25	26-1	2-8	9-15	16-22	23-29	30-5	6-12	13-19	20-26	27-4	5-11																	
1. X地区でのFSS検討	第1回現地会議																															
1)熱源管路調査																																
2)下水熱利用グラウンドデザインの構築																																
3)事業可能性の調査・分析・評価																																
2. Y地区でのFSS検討	第2回現地会議																															
1)熱源管路調査																																
2)下水熱利用グラウンドデザインの構築																																
3)事業可能性の調査・分析・評価																																
3. FS候補地以外への展開の可能性検討	第3回現地会議																															
4. 今後の課題																																
全体構成 報告書のとりまとめ																																
	最終報告提出																															

2. 現地下水管路調査

①X地区

調査地点 : 仙台市内
管路諸元 : $\phi 1,200\text{mm}$ 、 0.6%
排除方式 : 分流式下水道
調査期間 : 2011/12/23(金)～2012/3/3(土)



<流域の概要>

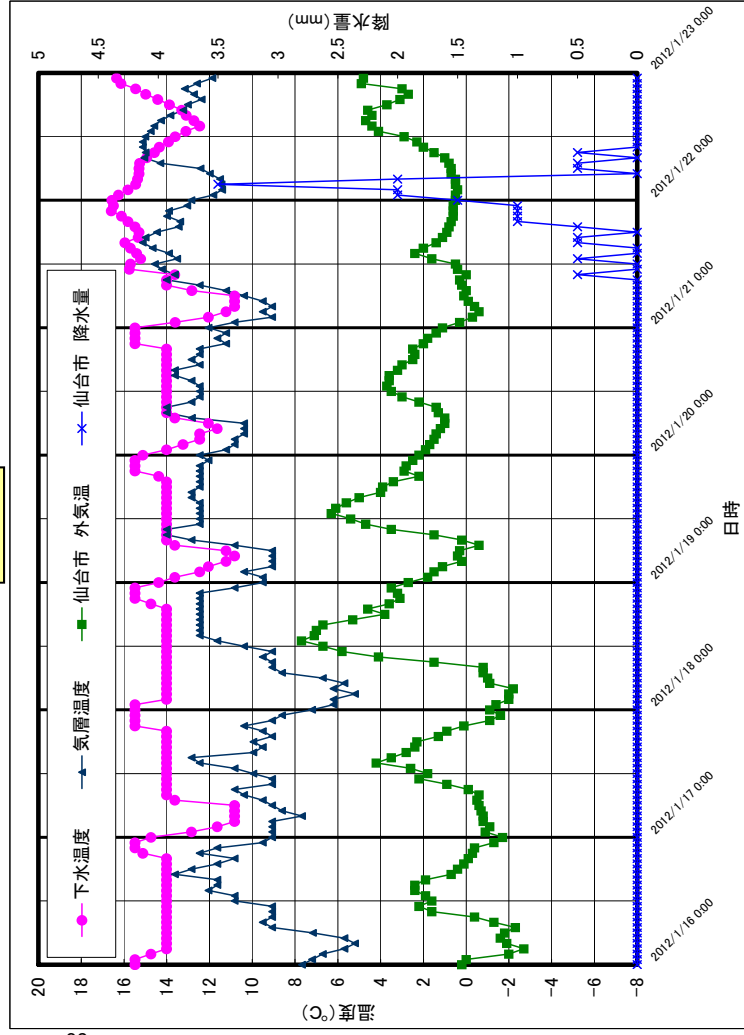
- ・上流側(区域面積536ha)は工業専用地域、準工業地域が多い
- ・下流側人孔には、H分区の一部(区域面積32ha)から $\phi 400$ で流入

2. 現地下水管路調査

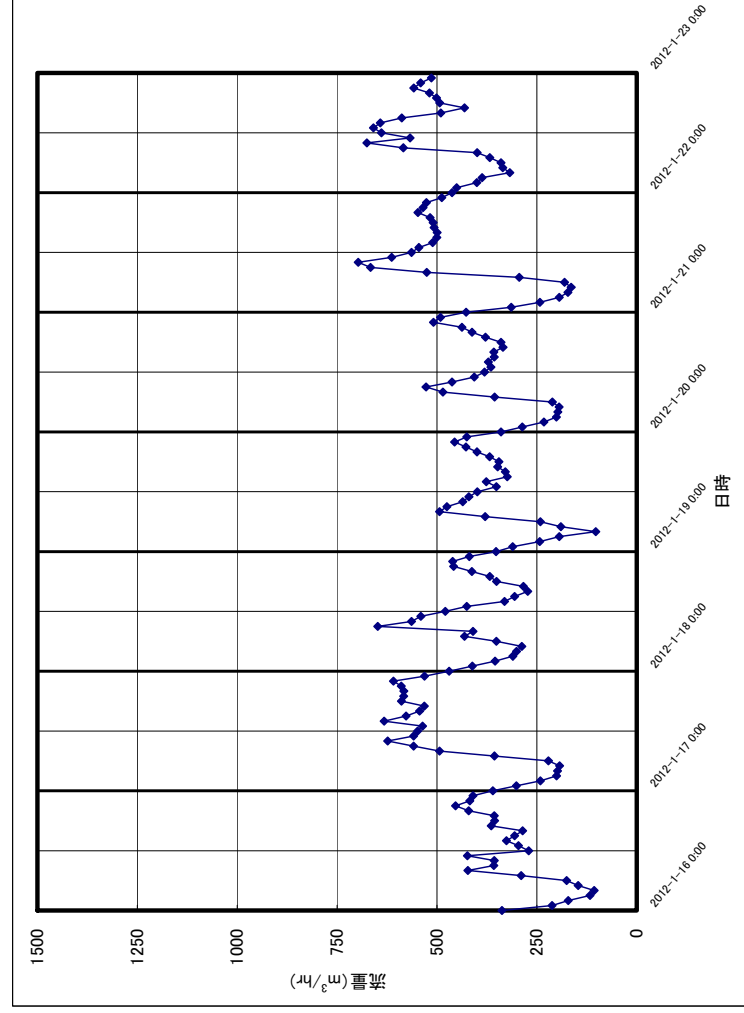
①X地区 測定期間：2012/1/16(月)～1/22(日)

- ・外気温が0°C以下の日においても、下水温度の著しい低下はなく、10°C以上
- ・必要熱量を賄うための十分な熱量
- ・流量変動は地域特性（上流側の工業専用地域からの排水）によるものと推定
また、急激な流量変動については、下流側合流点による影響と推定

温度



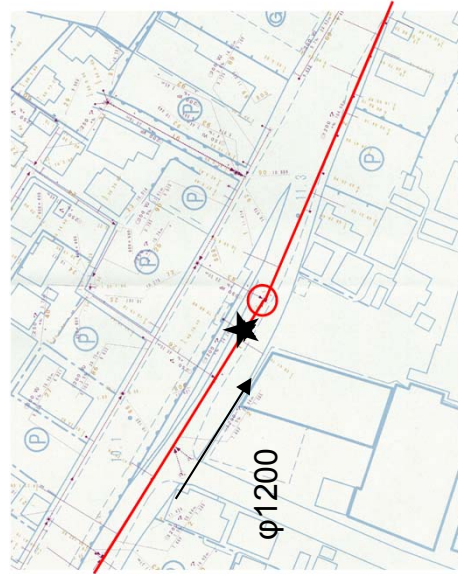
流量



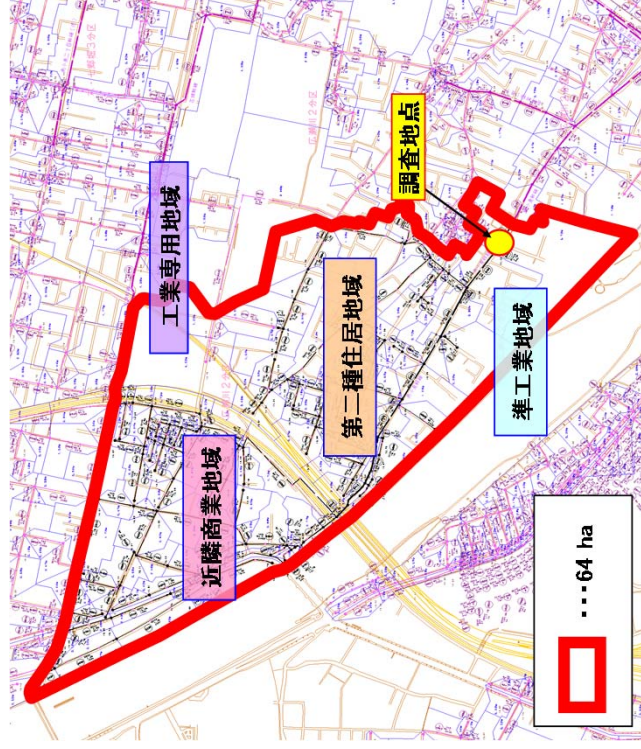
2. 現地下水管路調査

②Y地区

調査地点 : 仙台市内
 管路諸元 : $\phi 1,200\text{mm}$ 、 0.6‰
 排除方式 : 合流式下水道
 調査期間 : 2011/12/23(金)～2012/3/3(土)



下水温度



<流域の概要>

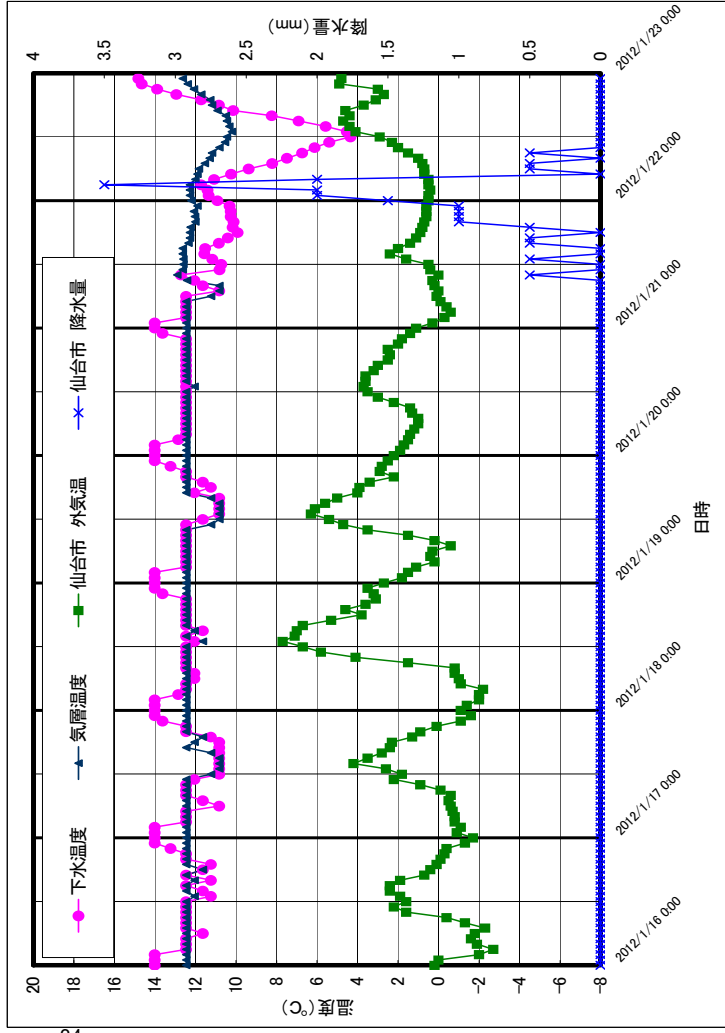
- ・J分区の一部(区域面積64ha)より排出される汚水が流下
- ・上流側は第二種住居地域が大半を占める

2. 現地下水管路調査

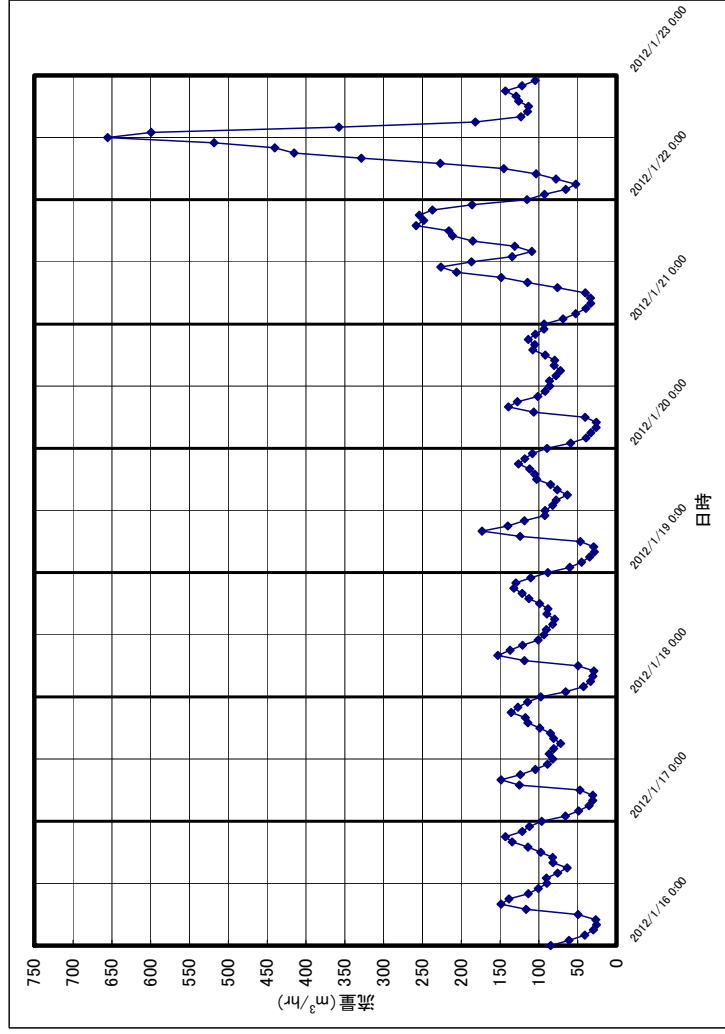
②Y地区 測定期間：2012/1/16(月)～1/22(日)

- 外気温が0°C以下の日においても、下水温度の著しい低下はなく、10°C以上
- 必要熱量を賄うための十分な熱量
- 住居地域特有のコンスタントな流量変動(朝夕の極大点等)
- 合流式下水道であるため、降雨時の下水温度低下および流量増大を確認

温度



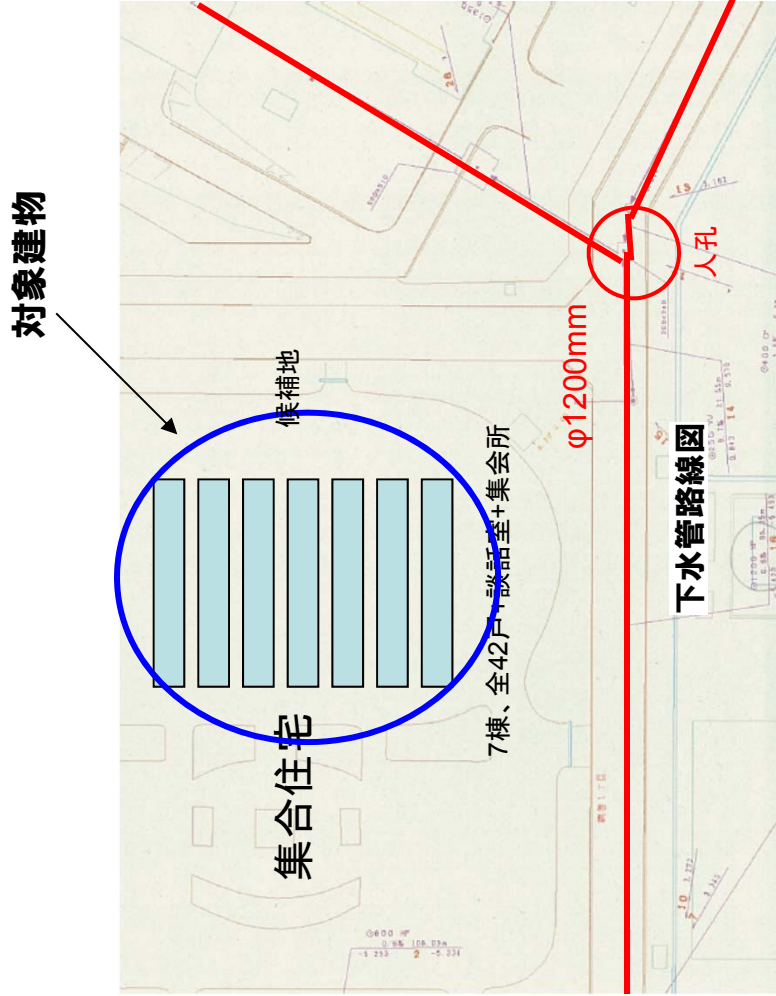
流量



3. X地区での検討

①現地建物側熱需要調査

1)対象建物と最大暖房負荷



原単位法で簡易計算

1,400m²

集合住宅竣工平面図から算出

70%と想定

最大暖房負荷 = 建物面積 × 暖房負荷原単位 × 同時使用率

集合住宅(リビング)のデータを使用

原単位(仙台) 181W/m²

= 原単位(東京)147W/m² × 地域係数(仙台)1.23

原単位: 空気調和・衛生工学会「空気調和・衛生工学便覧」より

地域係数: 都市環境エネルギー協会「地域冷暖房技術引き書」より



最大暖房負荷 180kW
(設備容量設計に使用)

3. X地区での検討

- ① 現地建物側熱需要調査
- ② 暖房時期と月別年間暖房負荷

空気調和・衛生工学会「空気調和・衛生工学便覧」より

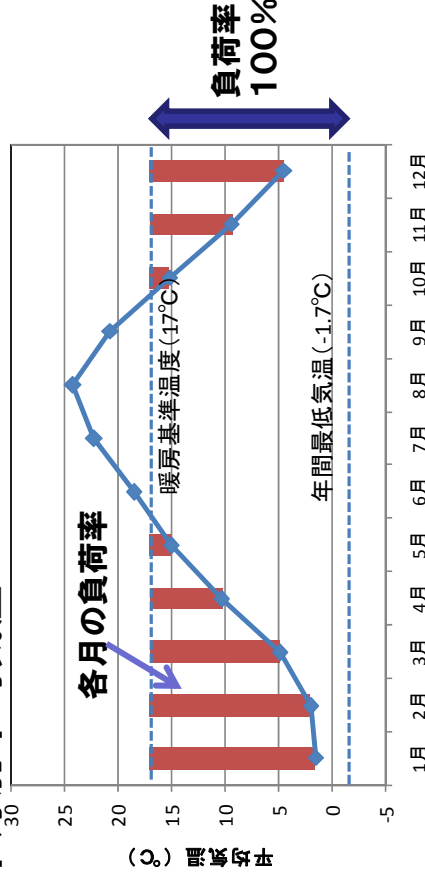
$$\text{年間暖房負荷(kWh/年)} = \text{最大暖房負荷(kW)} \times \text{全負荷相当時間(h/年)}$$

$$\text{全負荷相当時間(h/年)} = \text{年平均負荷率} \times \text{年間運転時間(h/年)}$$

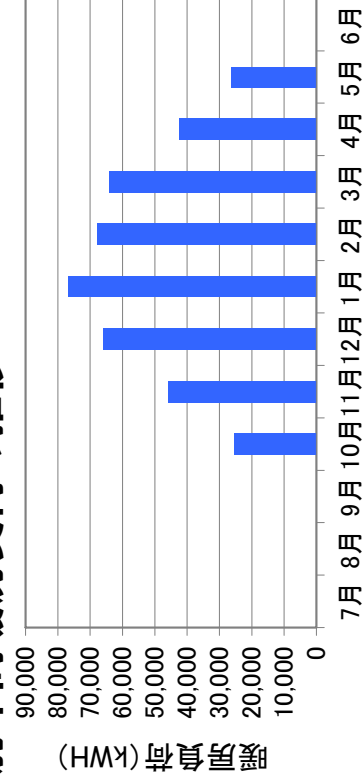
基準温度-月平均気温
基準温度-年間最低気温

16h/日×日数/月

仙台市月別平均気温



月別年間暖房負荷の推移



7月 8月 9月 10月 11月 12月 1月 2月 3月 4月 5月 6月
(ランニングコスト計算に使用)

暖房判断	平均気温	平均-基準温度	平均-基準温度
基準温度17°C(室内温度22°C、内部発熱・蓄熱等考慮)と平均温度の差で判断			
1月	1.6	-15.4	暖房
2月	2.0	-15.0	暖房
3月	4.9	-12.1	暖房
4月	10.3	-6.7	暖房
5月	15.0	-2.0	暖房
6月	18.5	1.5	
7月	22.2	5.2	
8月	24.2	7.2	
9月	20.7	3.7	
10月	15.2	-1.8	暖房
11月	9.4	-7.6	暖房
12月	4.5	-12.5	暖房
年間暖房負荷	暖房時間16h/日	暖房時間(日)	暖房負荷(KWH)
7月	0.00		
8月	0.00		
9月	0.00		
10月	0.29	31	25,559
11月	0.53	30	45,832
12月	0.74	31	65,778
1月	0.86	31	76,678
2月	0.84	28	67,899
3月	0.72	31	64,274
4月	0.49	30	42,558
5月	0.30	31	26,311
6月	0.00		
年			414,890

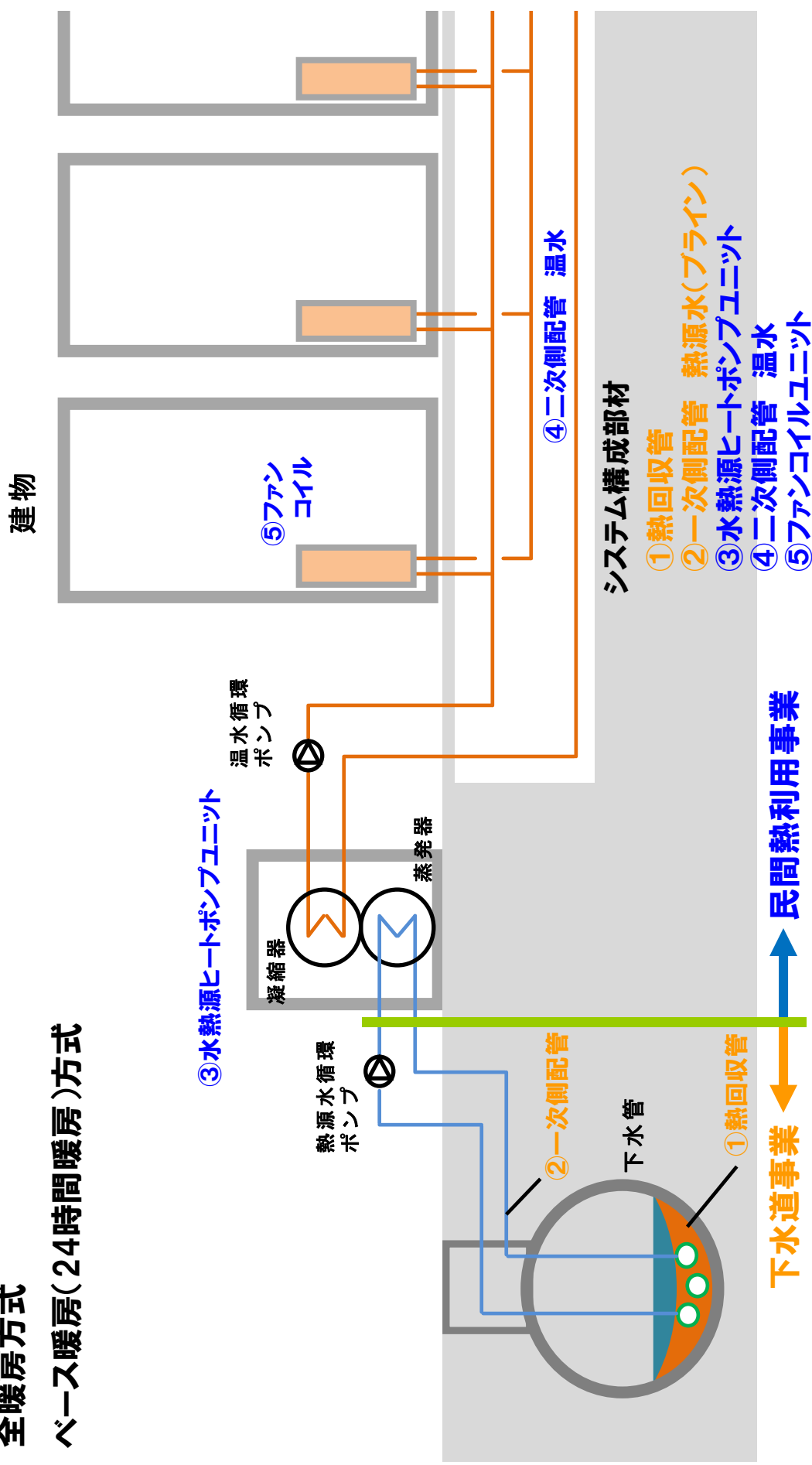
年間暖房負荷 415MWh

3. X地区での検討

②下水熱利用システムの検討

1) 今回の下水熱利用システム構成
全暖房方式

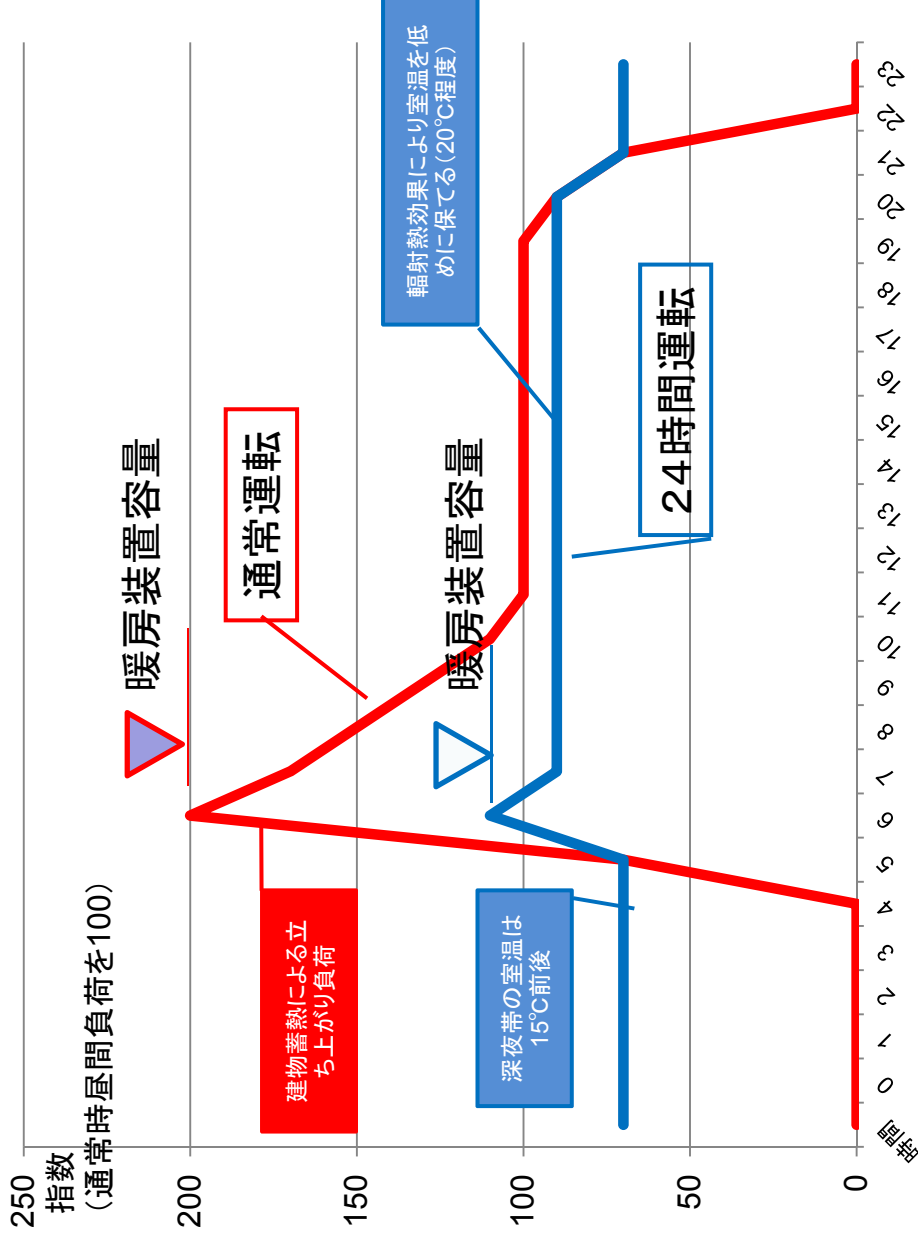
ベース暖房(24時間暖房)方式



3. X地区での検討

②下水熱利用システムの検討

2)ベース暖房方式の暖房イメージ



ベース暖房方式の前提条件
 最大暖房負荷: 全暖房方式の70%
 年間暖房負荷: 全暖房方式の120%

メリット

- 1) 暖房装置(ヒートポンプ)容量を低減できる。
- 2) 深夜も運転するためにヒートショックがない。
- 3) 床暖房を使うことによって輻射効果が期待でき、設定室内温度を低めに保てる。(22°C→18°C)
- 4) 居住域を中心とした暖房が可能で快適性が高い。

デメリット

- 1) 床暖房のイニシャルコストがかかる
- 2) 深夜時間帯のロスがあるために、10~20%エネルギー消費が高くなる。

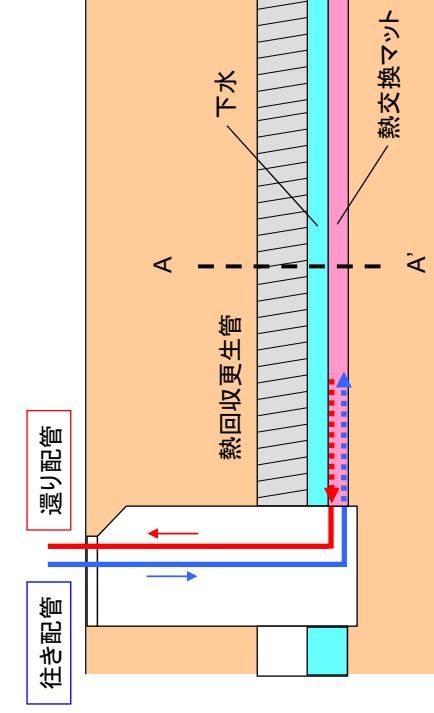
3. X地区での検討

②下水熱利用システムの検討

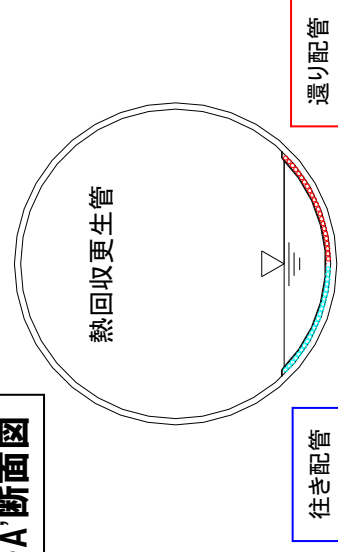
3)熱回収管の設計

・熱交換器の設置概要

- ・直近の1スパン(L=95m)での回収可能熱量



A-A'断面図



$$\begin{aligned} \text{回収熱量} Q(\text{kW}) &= \\ &\text{総括伝熱係数} \times U(\text{kW}/\text{m}^2\text{K}) \\ &\times \text{設置面積} A(\text{m}^2) \\ &\times \text{下水-ブライン平均温度差 } \Delta T(\text{K}) \end{aligned}$$

※ 総括伝熱係数U

・・・熱交換器の性能(熱の伝わりやすさ)を表す。
単位面積、単位温度差あたり回収できる熱量。

$$U=Q/(A \times \Delta T)$$

回収熱量 $Q=95\text{kW}$ < 最大暖房負荷 180kW

- ・下水熱全暖房方式で180kWすべてを賄う
(2スパン180m分での回収)
- ・下水熱ベース暖房方式により、最大暖房負荷を下げる
(2スパンで180×70%=126kWを補う)
の2ケースで検討する。

3. X地区での検討

②下水熱利用システムの検討

4)システムの配置設計



システム配置計画の仕様と課題

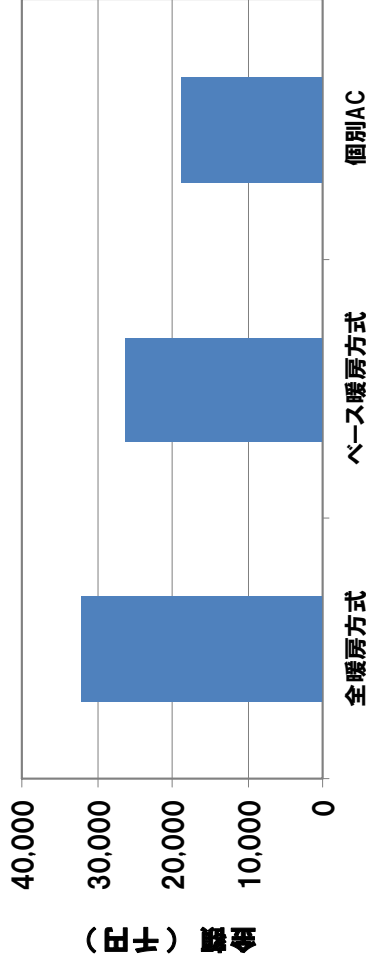
- 1)熱源取得のための一次側配管でのヒートロス
を最少にするため、ヒートポンプはマンホールと建
物の近傍に配置する。一次側配管の配管延長
は約20m。
- 2)二次側温水配管は、均等な配分を行うため
に、配管システムリバーシタリー方式を採用す
る。今回のような建物レイアウトでは、供給ライン
が長くなるため、施工性を含めたコストセーブが
必要となる。二次側配管の配管延長約480m。

3. X地区での検討

③下水熱利用システムの評価

1)イニシャルコスト比較(概算値)

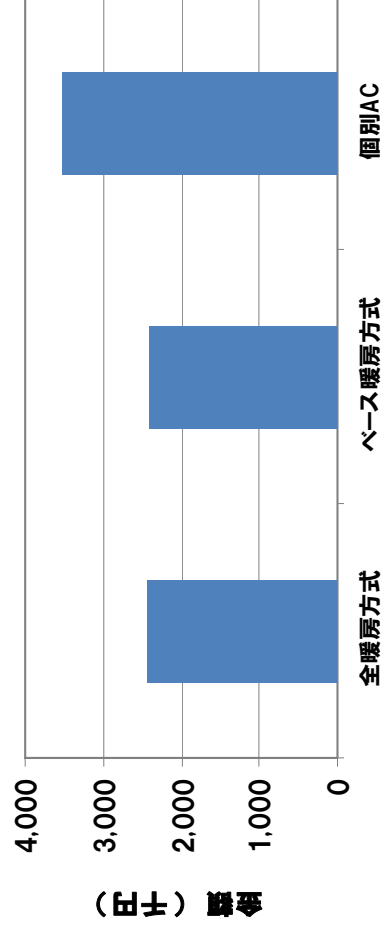
イニシャルコスト比較(補助含む)



※ 補助含については後述

2)ランニングコスト比較(概算値)

ランニングコスト比較



前提条件

・電気料金:

下水熱利用方式 東北電力低圧電力契約 (基本料金含む)
個別AC方式 従量電灯B (基本料金含まず)

・保守・メンテナンス:

下水熱利用方式 ヒートポンプ機器イニシャルコスト×5%/年
個別AC方式 エアコン機器イニシャルコスト×2%/年

3. X地区での検討

③下水熱利用システムの評価

3)ライフサイクルコスト

維持コスト

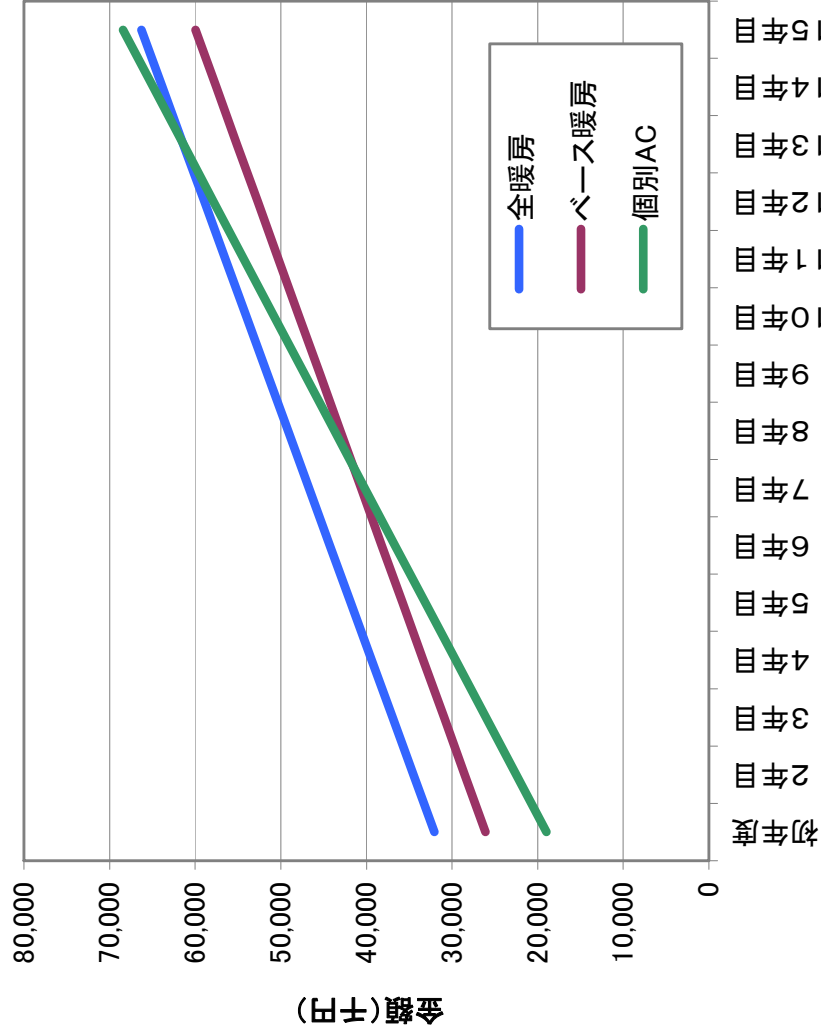
下水熱: ヒートポンプイニシャルコストの5%/年

個別AC: ACイニシャルコストの2%/年

補助費

下水道事業の範囲: イニシャルコストの1/2

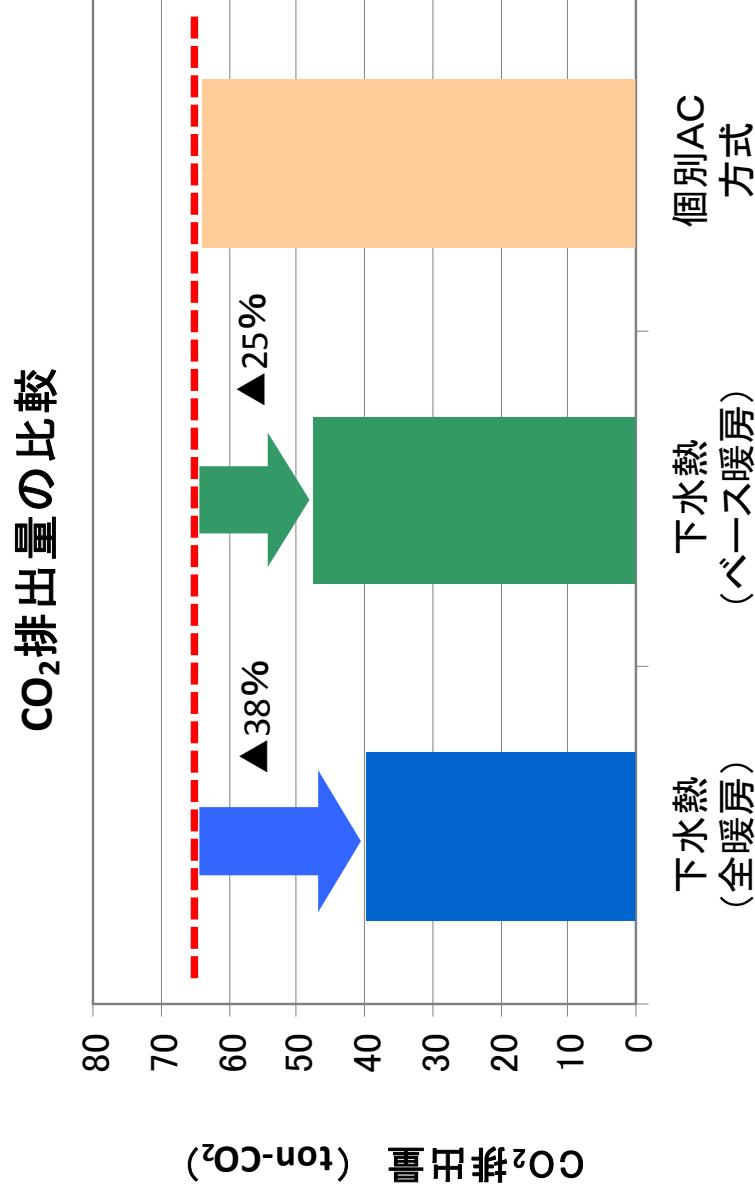
熱供給の範囲: イニシャルコストの1/3



3. X地区での検討

③下水熱利用システムの評価

4)環境負荷の比較(CO2削減量)



前提条件

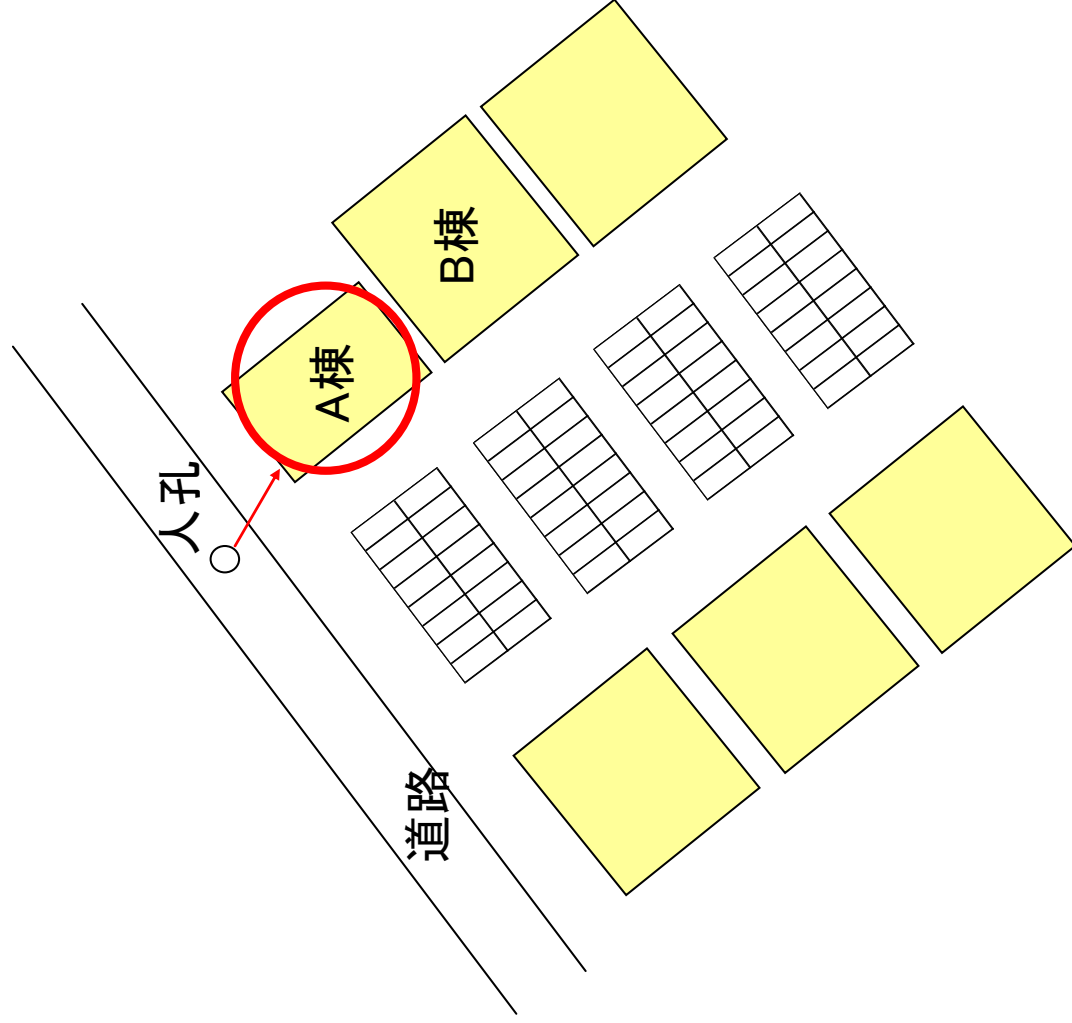
排出原単位	単位	単位
電力	0.429	Kg-CO ₂ /KWh

※東北電力-環境省
H22年度公表値

4. Y地区での検討

①現地建物側熱需要調査

1)対象建物 ショッピングセンター地区での可能性検討



Y地区におけるショッピングセンターは棟が分散している。
特に飲食店やスーパーマーケットは、一般的に暖房負荷と給湯負荷が存在し、今回の下水熱利用の対象になると思われる。
道路(下水)に近いA棟の飲食店の給湯負荷は年間を通じて存在するために、下水排熱の利用としては理想的と思われる。仮設住宅での暖房利用とショッピングセンターでの給湯利用の2種類モデルケースを評価することによって、下水熱利用のバリエーションを比較する。

4. Y地区での検討

① 現地建物側熱需要調査

2) 想定給水温度

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
仙台日最高	6.8	6.0	8.5	12.2	19.0	24.4	29.6	31.4	25.4	20.0	14.6	9.5
仙台日最低	-0.8	-1.4	0.6	4.7	10.8	17.2	22.3	24.4	18.5	12.9	6.0	2.0
水道水温度	3.0	2.3	4.6	8.5	14.9	20.8	26.0	27.9	22.0	16.5	10.3	5.8

仙台市の水道水のデータが入手できないために、東京都のデータで類推した。東京都の例では水道水の温度は外気温の影響を受け、月の最高気温と最低気温のほぼ中間に位置することが判る。仙台でもこれに倣った水道水温度を前提条件とした。

参考：東京都の気温と水道水温度の関係

平成22年度の水道水の水温（都庁付近）と東京（大手町）の気温[※]の年間変動を図1に示します。水道水の水温の変動は、気温の変動に比べ小さく、安定しています。

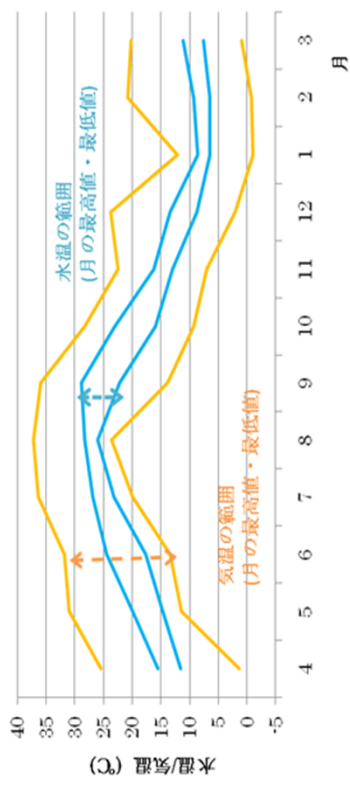
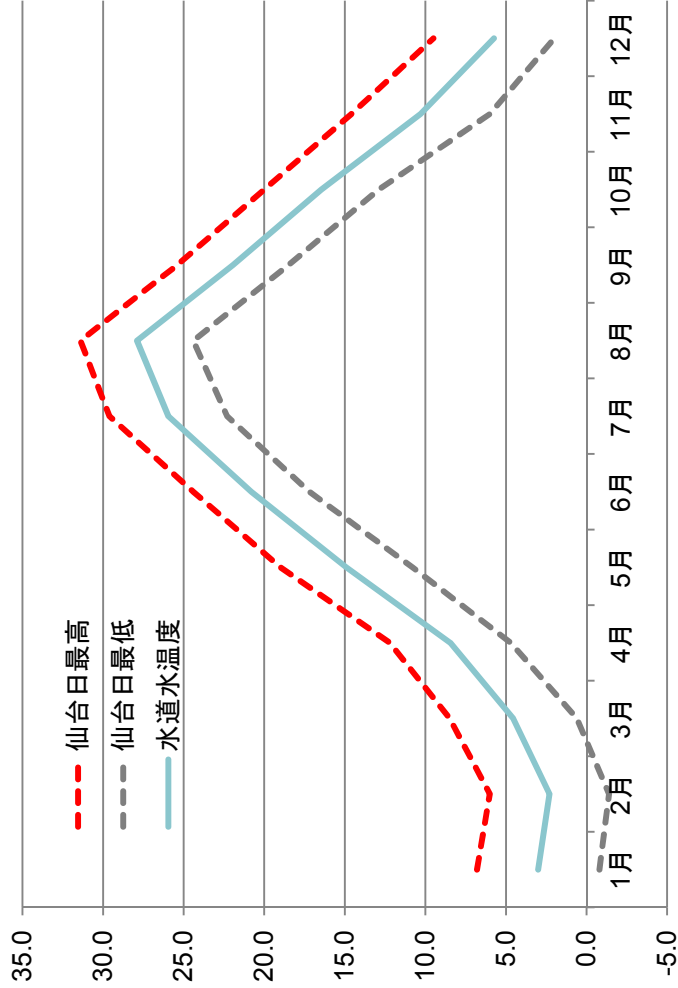


図1 水道水の水温（都庁付近）と東京（大手町）の気温[※]【平成22年度】



4. Y地区での検討

① 現地建物側熱需要調査

3) 給湯負荷の前提条件

項目	条件
延べ床面積	450m ²
原単位	80L/m ² ・日
ピーク時間	6時間
ピーク時間率	60%
オフピーク時間	12時間
使用時間	18時間

原単位:(社)空気調和・衛生工学会「空気調和衛生便覧」表より

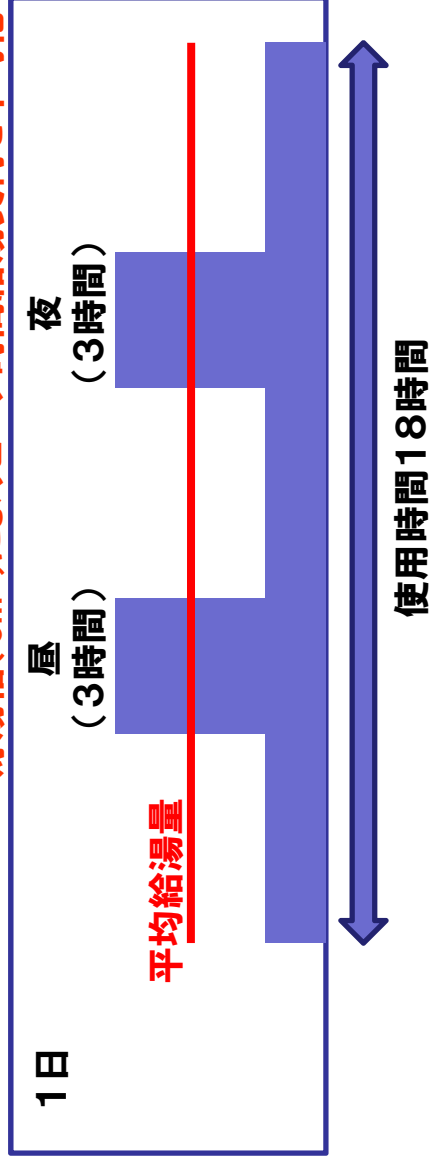
表6・20 設計用給湯量

建物の種類	年間平均1日給湯量	ピーク時給湯量	ピーク継続時間	備考
住宅	150~250 l/(戸・日)	100~200 l/(戸・h)	2h	住宅のグレードを考慮して検討する必要がある
集合住宅	150~250 l/(戸・日)	50~100 l/(戸・h)	2h	ピーク時給湯量は、住戸数が少ない場合は多くする
事務所	7~10 l/(人・日)	1.5~2.5 l/(人・h)	2h	女性の使用量は、男性の使用量よりも多い
ホテル客室	150~250 l/(人・日)	20~40 l/(人・h)	2h	ホテルの性格と使用のされ方を考慮する必要がある
総合病院	2~4 l/(m ² ・日)	0.4~0.8 l/(m ² ・h)	1h	病院の性格と設備内容を把握することが必要である
	100~200 l/(床・日)	20~40 l/(床・日)	1h	ピークは1日2回あり、ピーク時以外でも、湯は平均的に使用される
飲食施設	40~80 l/(m ² ・日)	10~20 l/(m ² ・h)	2h	面積は、食堂面積+ちゅう房面積
	60~120 l/(席・日)	15~30 l/(席・日)	2h	軽食・喫茶は、少ないほうの値でよい

注 給水温度5℃, 給湯温度60℃基準

給湯のイメージ

貯湯槽(6m²)によりピーク時間給湯負荷を平均化



1日の給湯量: 36,000L/日
(80L/m²・日 × 450m²)

平均給湯量: 2,000L/hr
(36,000L/日 / 18hr)

ピーク時間給湯負荷: 3,600L/日
(36,000L/日 × 60% / 6hr)

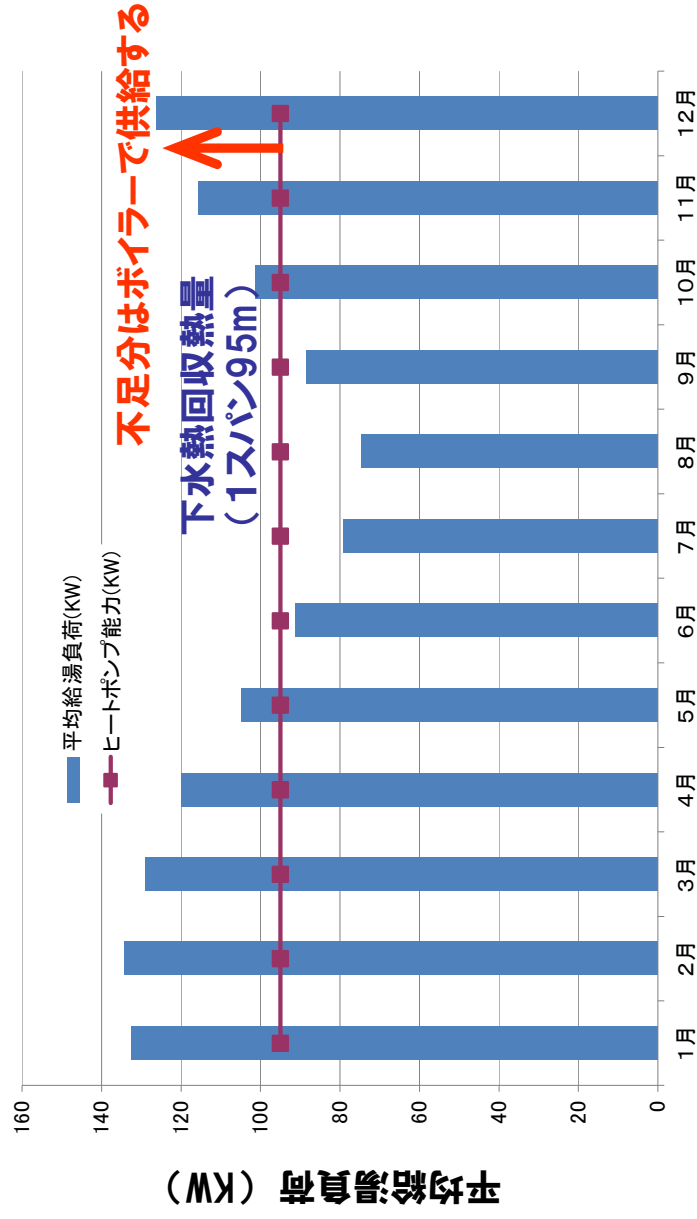
オフピーク時間給湯負荷: 1,200L/日
(36,000L/日 × 40% / 12hr)

4. Y地区での検討

②下水熱利用システムの検討

1)給湯負荷

平均給湯負荷と下水熱回収熱量



平均給湯負荷 (KW)

$$= \text{平均給湯量 (L/hr)} \times (\text{給湯温度} - \text{下水道温度})^{\circ}\text{C}$$

補助ボイラの容量 (KW)

$$= (\text{ピーク時間給湯負荷} - \text{平均給湯負荷 (L/hr)}) \times (\text{給湯温度} - \text{最低下水道温度})^{\circ}\text{C}$$

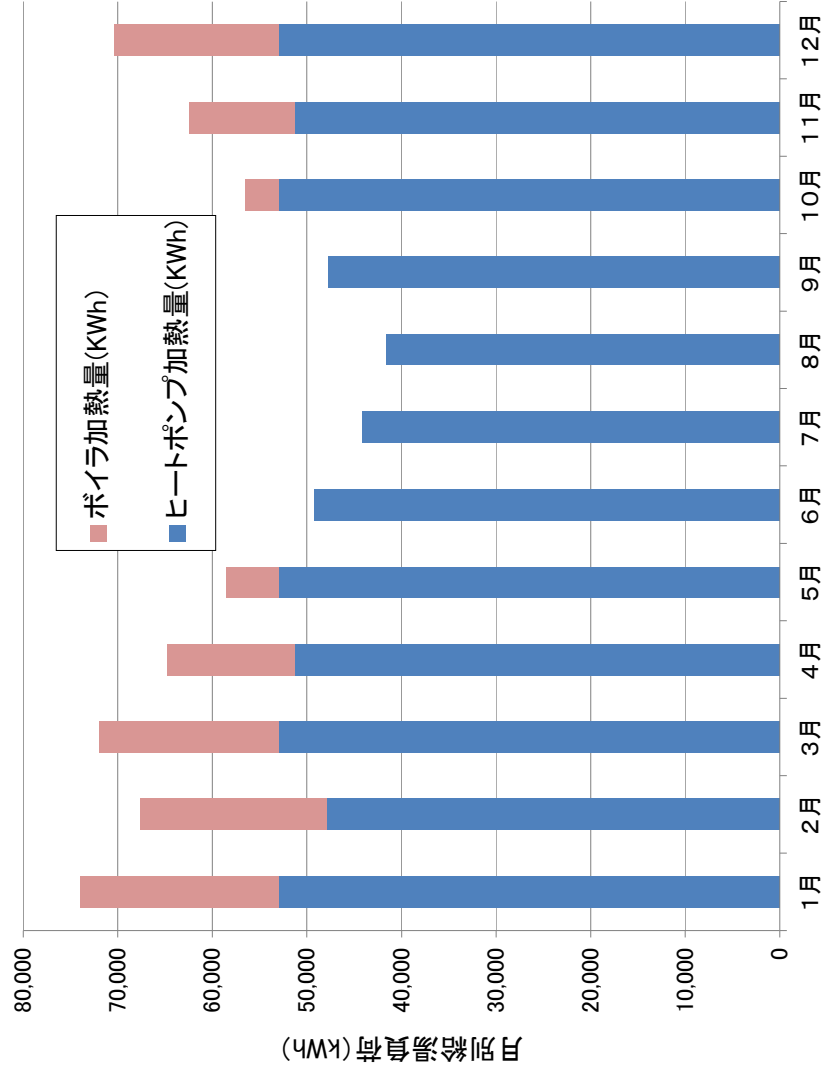
(設備容量設計に使用)

4. Y地区での検討

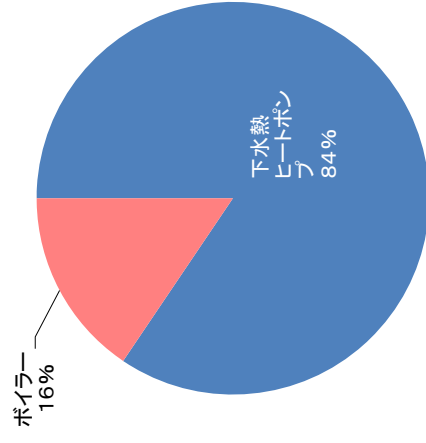
②下水熱利用システムの検討

2)給湯負荷

月別給湯負荷量と供給熱源負荷



給湯負荷の比率



年間給湯負荷 709MWh

(ランニングコスト計算に使用)

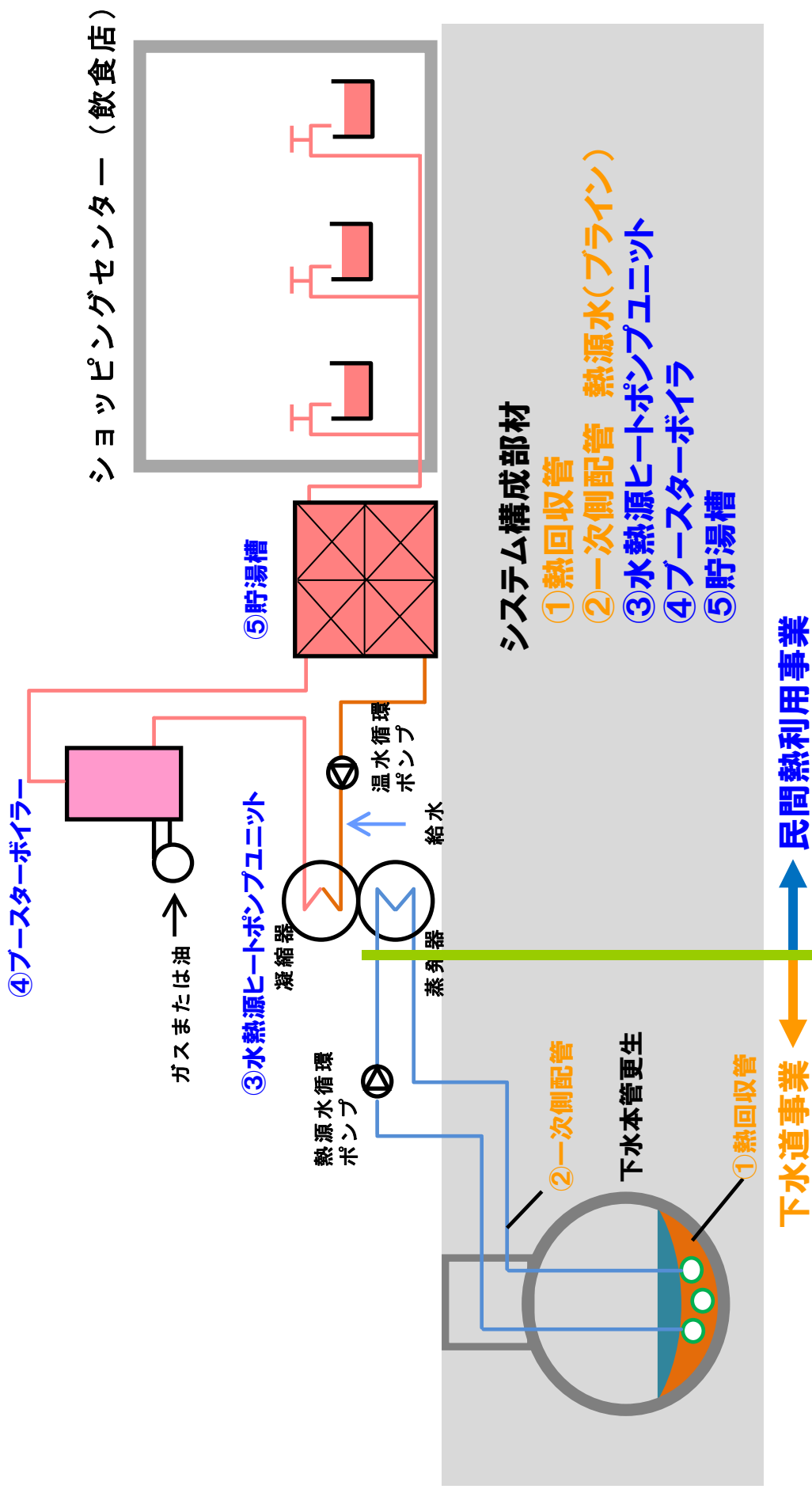
月別給湯負荷 (KWh)

= 平均給湯負荷 (KW) × 使用時間(18hr) × 日数

4. Y地区での検討

②下水熱利用システムの検討

3)給湯システム方式



4. Y地区での検討

② 下水熱利用システムの検討

4) 熱回収管の設計

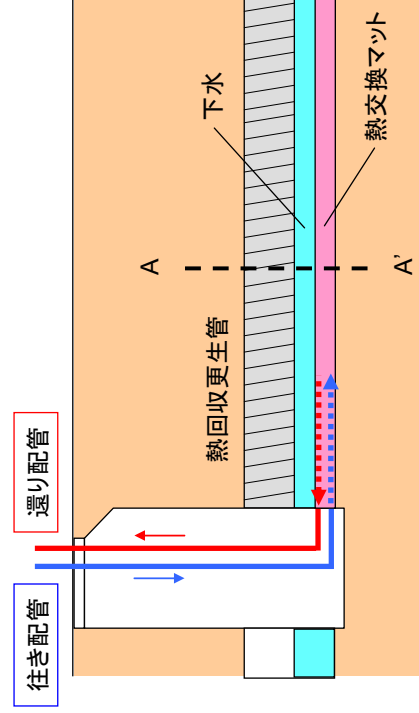
・熱交換器の設置概要

- ・直近の1スパン(L=95m)での回収可能熱量

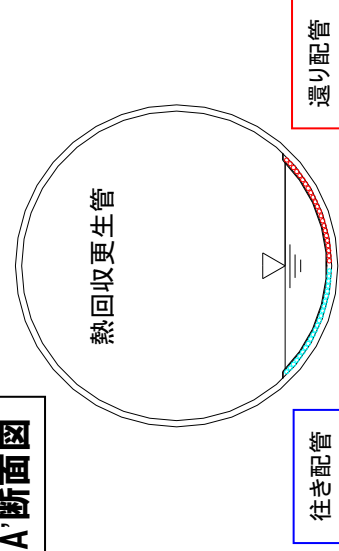
$$\begin{aligned} \text{回収熱量} Q(\text{kW}) &= \\ & \text{総括伝熱係数} * U(\text{kW}/\text{m}^2\text{K}) \\ & \times \text{設置面積} A(\text{m}^2) \\ & \times \text{下水-ブライン平均温度差 } \Delta T(\text{K}) \end{aligned}$$

- ※ 総括伝熱係数U
 ……熱交換器の性能(熱の伝わりやすさ)を表す。
 単位面積、単位温度差あたり回収できる熱量。

$$U = Q / (A \times \Delta T)$$



A-A'断面図



回収熱量 $Q = 95\text{kW} < 2$ 月平均給湯負荷 134kW

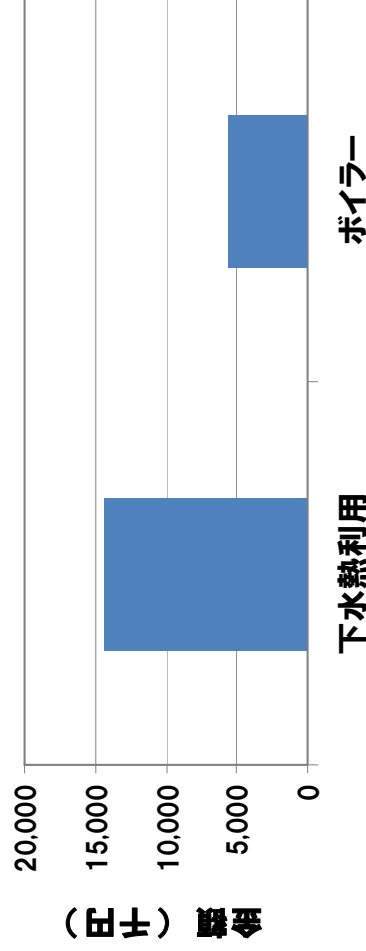
- ・不足分は、補助ボイラーで供給する。

4. Y地区での検討

③下水熱利用システムの評価

1)イニシャルコスト比較(概算値)

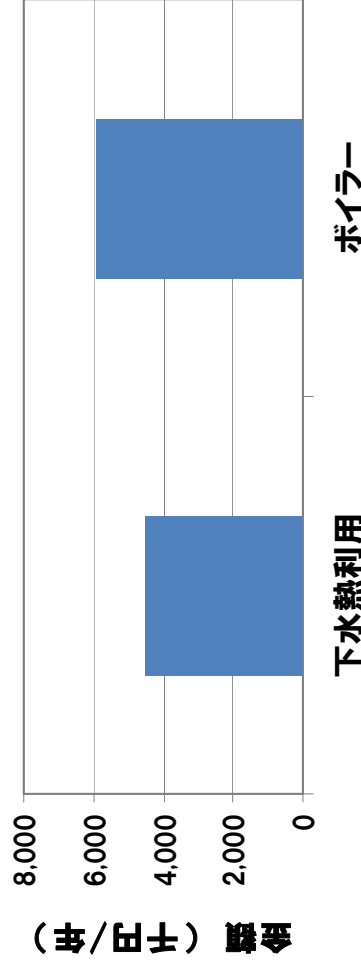
イニシャルコスト比較(補助含む)



※ 補助については後述

2)エネルギーコスト比較(概算値)

ランニングコスト比較



前提条件

・電気料金:

下水熱利用方式 東北電力低圧電力契約

・ガス料金:

下水熱利用方式 仙台市ガス局 一般契約

全ガス方式 仙台市ガス局 業務用季節別契約

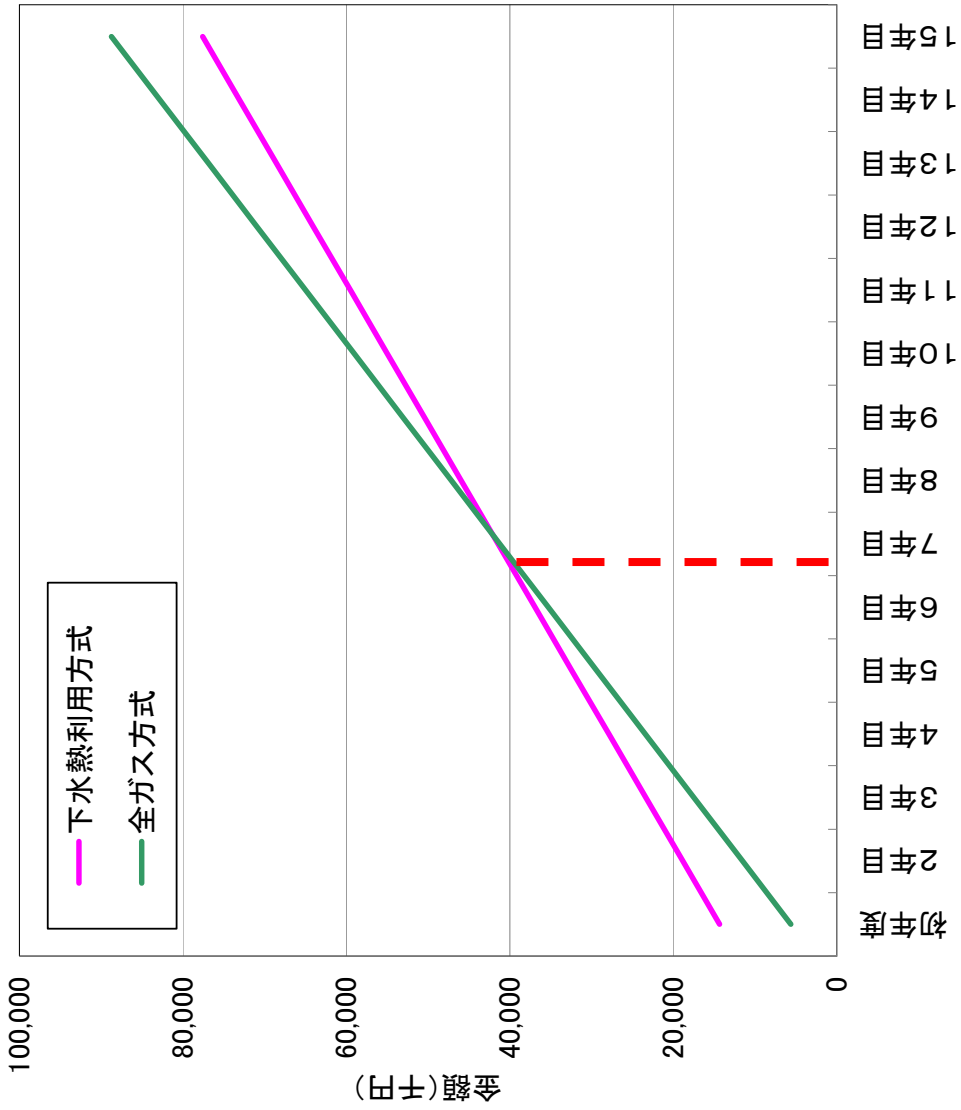
・保守・メンテナンス費:

ヒートポンプ機器およびボイラのイニシャルコスト×5%/年

4. Y地区での検討

③下水熱利用システムの評価

3)ライフサイクルコスト



補助費

下水道事業の範囲: イニシャルコストの1/2
 ヒートポンプ: イニシャルコストの1/3

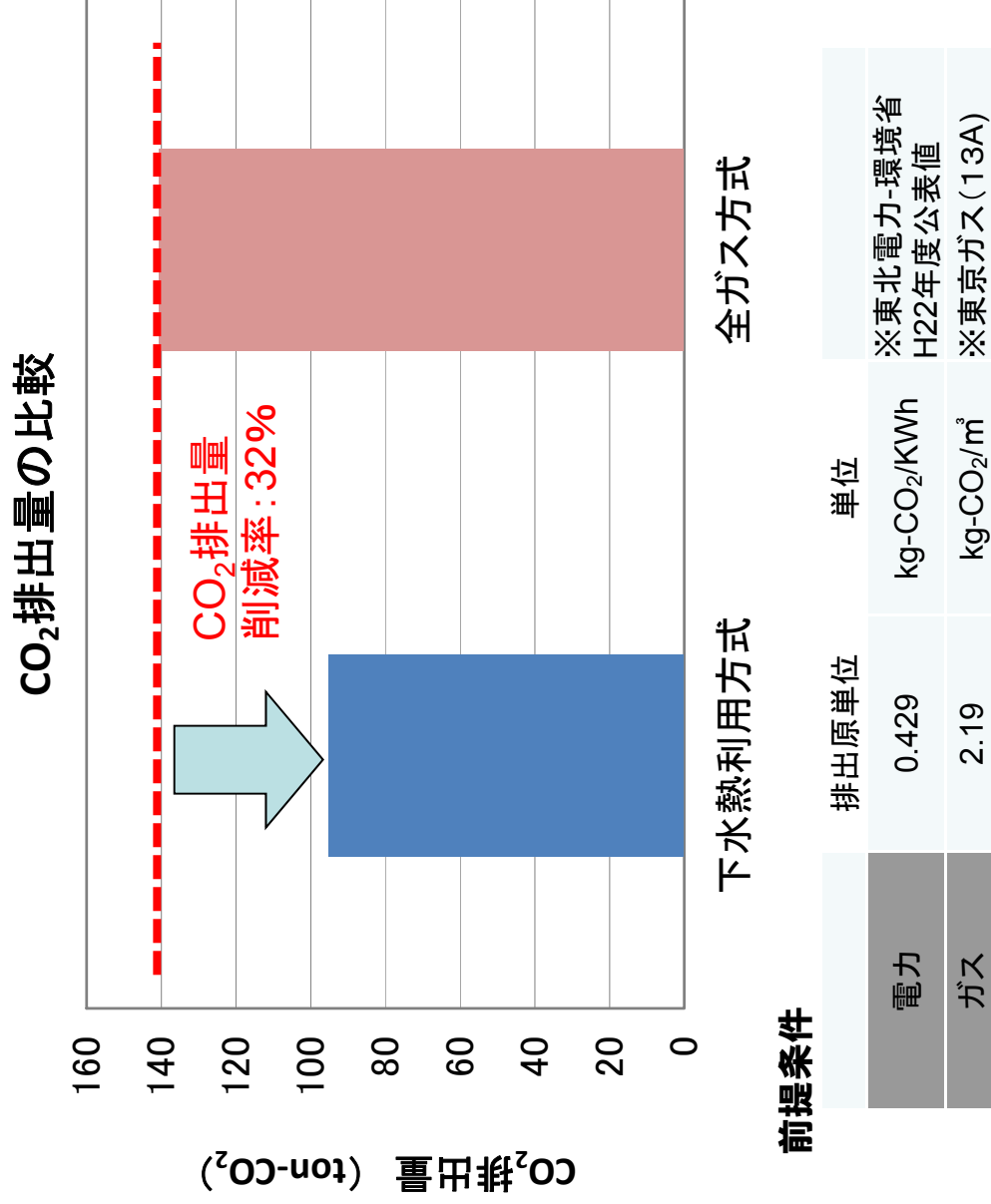
ランニングコスト

- ・エネルギーコスト
 下水熱方式: 電力費 + ガス費
 全ガス方式: ガス費
- ・保守メンテナンス
 下水熱方式: ヒートポンプとブースタボイラの
 イニシャルコストの5%/年
 全ガス方式: ボイライニシャルコストの
 5%/年

4. Y地区での検討

③下水熱利用システムの評価

4)環境負荷の比較(CO2削減量)



検討結果のまとめ

検討結果

市内の商業施設の新設計画がある工場跡地の再開発地域（管路は新設から約48年経過）をモデル地区として、管路更生事業と併せた下水熱回収システムの事業可能性について検討を行った。

具体的には、①現地管路の流量・温度等の調査データに基づく下水熱ポテンシャル、管路内に設置する熱交換器性能等により、当該地区内の給湯熱需要を賄うために要するイニシャル・ランニングコストの算定、②下水道事業、民間熱利用事業等との連携スキームの検討、③CO₂削減量・事業採算性の検証を行った。

その結果、通常のガス給湯と比較し、システム全体として下水熱を利用した給湯の方が、トータルイニシャルコストは9百万円程度高いが、ランニングコストの有利性（年間1.4百万円安価）により、7年目でライフサイクルコストが逆転する検討結果となった。

また、CO₂削減効果については、約3割の効果があるものと算定された。

今後の取組

✓今後、より効率の高い熱交換器の開発、事業規模の拡大によるスケールメリットの発揮等により更なる事業採算性の向上を目指す。

✓また、地震対策として計画されている第3南蒲生幹線に熱回収機能を付加し、津波被害を受けた東部田園地域での市全体の復興プロジェクトに下水熱エネルギーを供給する構想も視野に入れる。

【参資－4】

地震・津波対策総括表

地震・津波対策総括表ー下水処理施設被害と対策ー

新規対策事項

被害要因	被害状況	緊急対応等	ポンプ・下水処理施設 具体対策	指針類等
地震動	汚泥掻き寄せ機の破損	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	ポンプ・下水処理施設 具体対策	下水道耐震対策指針
	機械設備の破損			
液状化	水路破損	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	場内配管の破損			
	焼却炉フィルタ破損			
	エキスパンションジョイントズレ			
埋め戻し	スロッシング	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	ベタ基礎の沈下による建屋の傾斜			
全面	場内配管(接合部)の破損	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	場内道路・地面の陥没			
津波	管渠の継ぎ手外れによる土砂閉塞	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	消毒施設躯体にひび割れ			
波力	場内管きよの浮上	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	構造物の破壊(杭・躯体)			
浸水	ガスホルダーの流出	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	電気・機械設備の破壊			
漂流物	覆蓋・マンホール、設備の流出	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	電気・機械設備の浸水			
盛土の変状	水槽・流入渠への土砂流入	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	水槽へのがれき・車の堆積			
地殻変動(地盤沈降)	被害なし	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	施設の浸水			
電気供給の停止	施設の排水不良	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	電気設備の停止			
ユーティリティ	ポンプ停止による溢水	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	消毒剤の不足			
	燃料不足	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	自家発電で対応 浸水高以上に設置or防水構造			
	可搬式 発電機	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	固形塩素消毒			
	固形塩素の不足	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒	耐震設計指針上の対策	下水道耐震対策指針
	48時間貯蔵・支援			

地震・津波対策総括表 ー 下水道管路施設被害と対策 ー

新規対策事項

被害要因	下水道管路施設被害状況	緊急対応等	下水道管路施設等の 具体対策	指針類等
地震動	全面	土砂閉塞 取付け管接合部突き出し・抜出し マンホールズレ(上下左右) 管渠のたるみ・破損 マンホール浮上 管渠の浮上 道路陥没 継手部の破損・クラック 浸入水 蓋のガタつき	土砂流入防止・清掃 継ぎ手の延長・フレキシブル管 耐震設計指針上の対策	BCPマニュアル 下水道耐震対策指針 下水道耐震対策指針
津波	波力	盛土崩壊による管路破損 水管橋の流出 マンホール蓋飛散 管路の洗掘・流出 吐き出し口からの浸水 マンホールポンプの停止 漂流物の流入による閉塞 管路から周辺地域の浸水 排水不良	伏せ越しへの変更 マンホール蓋の逸脱防止対策 フラップゲートの設置 可搬式ポンプの備蓄 マンホール蓋の逸脱防止対策	下水道耐震対策指針 JSWAS 地震対応マニュアル 下水道BCPマニュアル JSWAS
	浸水	河川放流 簡易沈殿池 固形塩素消毒 仮設配管		
	漂流物	仮設ポンプ 可搬式発電機		
地殻変動(地盤沈降)	マンホールポンプ停止による溢水		BCP等で地震後の対応を強化	下水道BCPマニュアル
電気供給の停止				
ユーティリティ	被害なし			