

2 コスト縮減方策の検討

2.1 コスト縮減方策メニューの整理

平成 23 年度調査においては、いずれのモデルケースにおいても事業採算性等の確保は困難な状況にあり、導入空間の確保と併せて、コスト縮減が大きな課題であると指摘されている。

本調査においては、平成 23 年度調査で実施したモデルケース（以下に示す）を対象に、施設や導入空間等の変更による、コスト縮減方策について検討を行うとともに、それによって生じる影響（メリット・デメリット）について整理を行った。なお、支線②③（LRT による整備）については、幹線骨格軸・幹線骨格代替軸に比べて事業費がかなり少なく、コスト縮減効果が限定的であること等から、検討対象外とした。

本調査で実施したコスト縮減方策メニュー及び検討ケースを以下に示す。

表 2-1 コスト縮減方策メニュー

| コスト縮減方策メニュー | | 概要（主旨） |
|-------------|--------------|----------------------------|
| 施設等の変更 | ①部分単線化 | 輸送需要が少ない区間について、部分単線化を図る。 |
| | ②小型システムの採用 | 鉄輪リニア※の採用により、構造物等の規模を縮小する。 |
| | ③施設の簡素化 | 駅の低層化（浅深度化）や設備等の簡素化を図る。 |
| 導入空間変更等 | ④沖縄自動車道の活用 | 沖縄自動車道の路面空間や既設構造物を活用する。 |
| | ⑤構造変更・基地跡地活用 | 高架や地平構造への変更や基地跡地を活用する。 |

※ 鉄輪リニア（鉄輪式リニアモーターカー）とは、鉄輪を有し、リニアモーターで駆動しかつ、車両が小型のシステムのこと。

表 2-2 コスト縮減方策の検討ケース

| システム | ケース | ルート | コスト縮減方策 | 記事 |
|---------|----------|-------------------|----------|-------------------------------------|
| 鉄道 | ケース 1R-1 | うるま・パイプ | 部分単線 | 需要が少ない区間について単線に変更する。 |
| | ケース 1R-2 | うるま・パイプ | 鉄輪リニア | 在来鉄道から鉄輪リニア（小型システム）に変更する。 |
| | ケース 2R-1 | うるま・330 号 | 部分単線 | 需要が少ない区間について単線に変更する。 |
| | ケース 3R-1 | 読谷・パイプ | 部分単線 | 〃 |
| | ケース 4R-1 | うるま・パイプ +支線①②③ | 部分単線 | 〃 |
| | ケース 5R-1 | うるま・パイプ +空港接続 | 部分単線 | 〃 |
| | ケース 6R | 沖縄自動車道 | 沖縄自動車道活用 | 沖縄自動車道の路面空間を活用するルートに変更する。 |
| | ケース 7R | うるま・58 号 | 構造変更 | 国道 58 号に高架構造、米軍用地内は地平で導入するルートに変更する。 |
| トラムトレイン | ケース 1T-1 | うるま・パイプ | 部分単線 | 需要が少ない区間について単線に変更する。 |
| | ケース 1T-2 | うるま・パイプ | 施設簡素化 | 駅の低層化（浅深度化）や設備等の簡素化を図る。 |
| | ケース 2T-1 | うるま・330 号 | 部分単線 | 需要が少ない区間について単線に変更する。 |
| | ケース 3T-1 | 読谷・パイプ | 部分単線 | 〃 |
| | ケース 4T-1 | うるま・パイプ +支線①②③ | 部分単線 | 〃 |
| | ケース 5T-1 | うるま・パイプ +空港接続 | 部分単線 | 〃 |
| | ケース 6T | 沖縄自動車道 | 沖縄自動車道活用 | 沖縄自動車道の路面空間を活用するルートに変更する。 |

※ 支線②③（LRT による整備）については、幹線骨格軸・幹線骨格代替軸に比べて事業費がかなり少なく、コスト縮減効果が限定的であること、都市内交通であるため、部分単線化によるサービス水準の低下等のデメリットの方が大きいため、検討対象外とした。

2.2 施設等の変更によるコスト縮減方策の検討

(1) 部分単線化の検討

平成 23 年度調査においては、運行本数は断面交通需要の大小にかかわらず、フリクエンシーサービス（運行頻度による利便性）を確保するため、糸満～名護において一律時間当たり 6 本と設定し、全線複線による整備を前提としている。しかし、うるま以北や糸満方面においては、需要予測上では時間当たり 2～3 本で賄える区間であることから、コストの縮減の観点から、部分単線化について検討を行った。



図 2-1 単線高架橋（仙台空港鉄道）



図 2-2 すれ違い駅（仙台空港鉄道）

1) ピーク時の運行本数の設定

ピーク時の運行本数は、ピーク時の断面交通需要及び沖縄都市モノレールの運行本数（オフピーク時レベル以上）や最低限の利便性（フリクエンシーサービス）等を考慮して、6 本/時（10 分間隔）を基本とするが、需要が少なく単線化が可能と考えられる区間については、3 本/時（20 分間隔）とする。

断面交通需要から判断すると、鉄道、トラムトレインともに、糸満～豊見城及びうるま～名護（嘉手納～名護）、名護～美ら海水族館（支線①）、県庁～那覇空港（空港線）は、単線化を図ることが可能と考えられる。

表 2-3 ピーク時運行本数（鉄道）

| ケース・ルート | 区 間 | 最大断面交通需要 | 必要運行本数 | 設定運行本数 | 単線・複線別 |
|----------------------------------|----------------|-----------|--------|--------|--------|
| ケース 1R-1 (うるま・パイプ) | 糸満～豊見城 | 310 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 豊見城～うるま | 1,710 人/時 | 4 本/時 | 6 本/時 | 複線 |
| | うるま～名護 | 360 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| ケース 2R-1 (うるま・330 号) | 糸満～豊見城 | 300 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 豊見城～うるま | 1,690 人/時 | 4 本/時 | 6 本/時 | 複線 |
| | うるま～名護 | 350 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| ケース 3R-1 (読谷・パイプ) | 糸満～豊見城 | 300 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 豊見城～嘉手納 | 1,670 人/時 | 4 本/時 | 6 本/時 | 複線 |
| | 嘉手納～名護 | 450 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| ケース 4R-1 (うるま・パイプ + 支線①②③) | 糸満～豊見城 | 340 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 豊見城～うるま | 2,270 人/時 | 5 本/時 | 6 本/時 | 複線 |
| | うるま～名護 | 570 人/時 | 2 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 支線① 名護～美ら海水族館 | 370 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| ケース 5R-1 (うるま・パイプ + 空港接続) | 支線②③ 旭橋～佐敷・東風平 | 1,560 人/時 | 11 本/時 | 12 本/時 | 複線 |
| | 糸満～豊見城 | 310 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 豊見城～うるま | 1,880 人/時 | 4 本/時 | 6 本/時 | 複線 |
| | うるま～名護 | 420 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 県庁～那覇空港 | 370 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |

- ※ 最大断面交通需要は、3.2 需要予測の検討の予測結果である。
- ※ 鉄道の車両定員は 500 人/編成、LRT の車両定員は 150 人/編成と設定した。
- ※ 必要運行本数：断面交通需要から想定した混雑率を考慮して算出した運行本数をいう。
- ※ 設定運行本数：サービス水準等を考慮した実際に運行する本数をいう。
- ※ 必要運行本数算定時における混雑率は、利便性や快適性を考慮して 100%程度とする。

表 2-4 ピーク時運行本数（トラムトレイン）

| ケース・ルート | 区 間 | 最大断面交通需要 | 必要運行本数 | 設定運行本数 | 単線・複線別 |
|---------------------------------|----------------|-----------|--------|--------|--------|
| ケース 1T-1 (うるま・パイプ) | 糸満～豊見城 | 230 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 豊見城～うるま | 1,160 人/時 | 5 本/時 | 6 本/時 | 複線 |
| | うるま～名護 | 300 人/時 | 2 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| ケース 2T-1 (うるま・330号) | 糸満～豊見城 | 230 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 豊見城～うるま | 1,140 人/時 | 5 本/時 | 6 本/時 | 複線 |
| | うるま～名護 | 300 人/時 | 2 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| ケース 3T-1 (読谷・パイプ) | 糸満～豊見城 | 230 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 豊見城～嘉手納 | 1,180 人/時 | 5 本/時 | 6 本/時 | 複線 |
| | 嘉手納～名護 | 390 人/時 | 2 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| ケース 4T-1 (うるま・パイプ +支線①②③) | 糸満～豊見城 | 230 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 豊見城～うるま | 1,290 人/時 | 6 本/時 | 6 本/時 | 複線 |
| | うるま～名護 | 310 人/時 | 2 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 名護～美ら海水族館 | 360 人/時 | 2 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| ケース 5T-1 (うるま・パイプ +空港接続) | 支線②③ 旭橋～佐敷・東風平 | 1,030 人/時 | 7 本/時 | 12 本/時 | 複線 |
| | 糸満～豊見城 | 230 人/時 | 1 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 豊見城～うるま | 1,190 人/時 | 5 本/時 | 6 本/時 | 複線 |
| | うるま～名護 | 310 人/時 | 2 本/時 | 3 本/時 | 単線 |
| | 県庁～那覇空港 | 270 人/時 | 2 本/時 | 3 本/時 | 単線 |

- ※ 最大断面交通需要は、3.2 需要予測の検討の予測結果である。
- ※ トラムトレインの車両定員は 240 人/編成、LRT の車両定員は 150 人/編成と設定した。
- ※ 必要運行本数：断面交通需要から想定した混雑率を考慮して算出した運行本数をいう。
- ※ 設定運行本数：サービス水準等を考慮した実際に運行する本数をいう。
- ※ 必要運行本数算定時における混雑率は、利便性や快適性を考慮して 100%程度とする。

2) 所要時間の比較

部分単線化により、（上り列車優先ダイヤで設定すると）下り列車の所要時間が大幅に増加した。なかでも、ケース 3R-1（読谷・パイプ）については、単線区間の各駅での停車時間（待避時間）が長いため、全線複線案に比べて 40 分増加した。

※名護から糸満へ向かう列車を『上り列車』、糸満から名護へ向かう列車を『下り列車』と設定。

表 2-5 所要時間の比較（鉄道（快速列車））

| ケース・ルート | 区 間 | 全線複線 | 部分単線化 | |
|-----------------------------|-----------|------|-------|-------|
| | | | 上り列車 | 下り列車 |
| ケース 1R-1 (うるま・パイプ) | 糸満～名護 | 66 分 | 71 分 | 79 分 |
| ケース 2R-1 (うるま・330号) | 糸満～名護 | 67 分 | 73 分 | 80 分 |
| ケース 3R-1 (読谷・パイプ) | 糸満～名護 | 60 分 | 70 分 | 100 分 |
| ケース 4R-1 (うるま・パイプ+支線①②③) | 糸満～美ら海水族館 | 78 分 | 85 分 | 103 分 |
| ケース 5R-1 (うるま・パイプ+空港接続) | 県庁～那覇空港 | 3 分 | 3 分 | 3 分 |

※上り列車優先ダイヤの場合であり、所要時間はその条件次第で異なる。

表 2-6 所要時間の比較（トラムトレイン）

| ケース・ルート | 区 間 | 全線複線 | 部分単線化 | |
|-----------------------------|-----------|-------|-------|-------|
| | | | 上り列車 | 下り列車 |
| ケース 1T-1 (うるま・パイプ) | 糸満～名護 | 122 分 | 122 分 | 127 分 |
| ケース 2T-1 (うるま・330号) | 糸満～名護 | 122 分 | 122 分 | 127 分 |
| ケース 3T-1 (読谷・パイプ) | 糸満～名護 | 108 分 | 108 分 | 121 分 |
| ケース 4T-1 (うるま・パイプ+支線①②③) | 糸満～美ら海水族館 | 141 分 | 141 分 | 158 分 |
| ケース 5T-1 (うるま・パイプ+空港接続) | 県庁～那覇空港 | 10 分 | 10 分 | 13 分 |

※上り列車優先ダイヤの場合であり、所要時間はその条件次第で異なる。

3) 概算事業費の算出

①. 鉄道

部分単線化の概算事業費は、ケース 1R-1（うるま・パイプ）では、全線複線の約 88%となり、約 1,000 億円のコストが縮減した。その他のケースにおいても、全線複線の 85~89%となった。

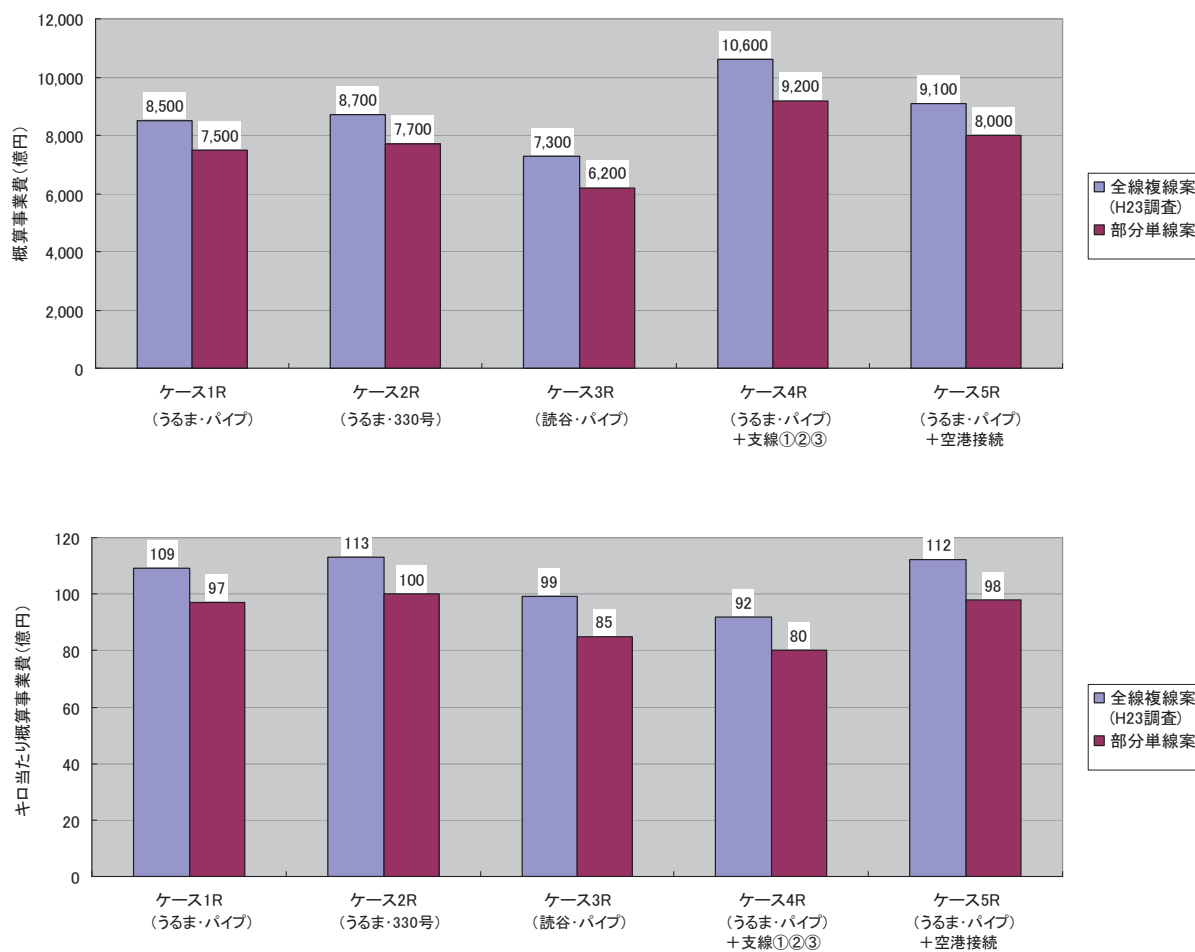


図 2-3 概算事業費（部分単線化／鉄道）

②. トラムトレイン

部分単線化の概算事業費は、ケース 1T-1（うるま・パイプ）では、全線複線の約 84%となり、約 900 億円のコストが縮減した。その他のケースにおいても、全線複線の 84%前後となった。

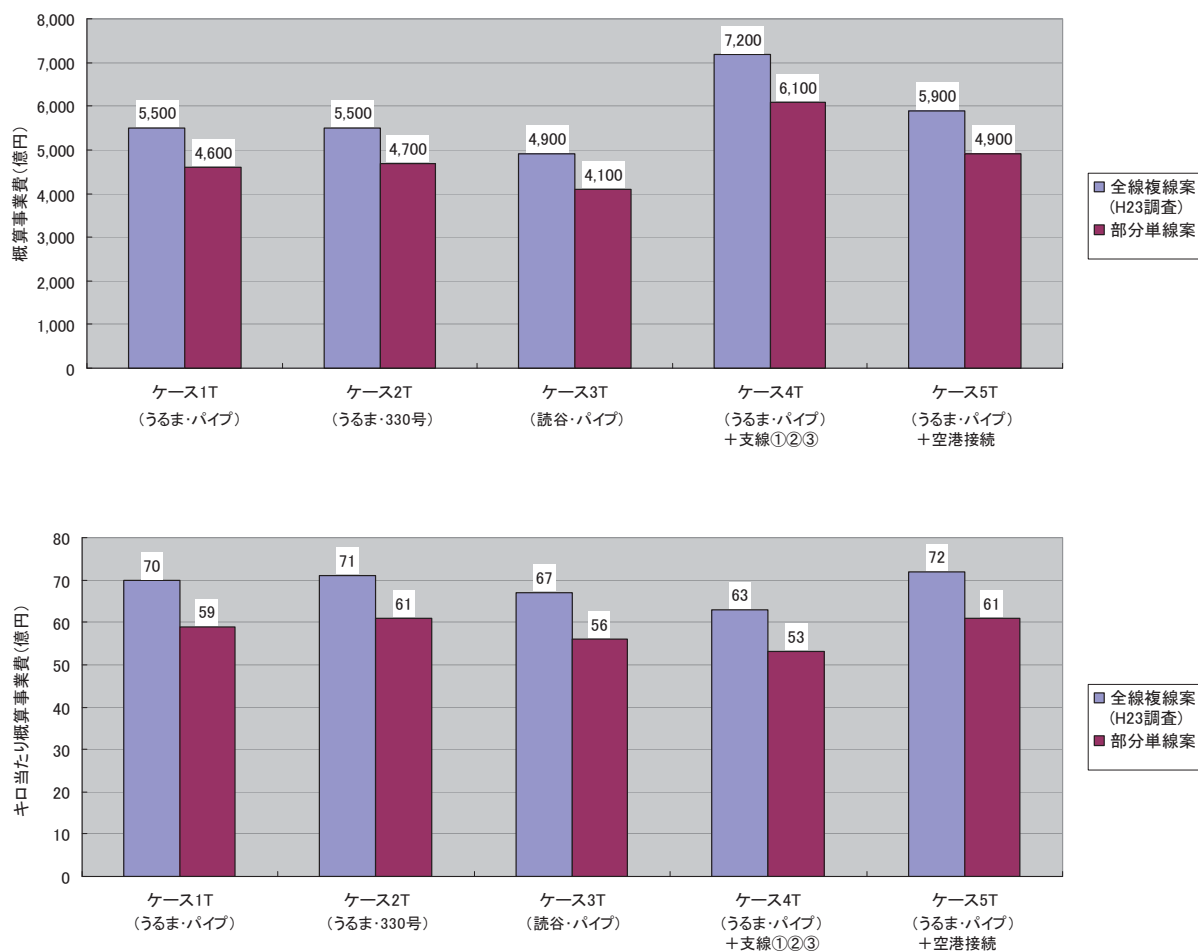


図 2-4 概算事業費（部分単線化／トラムトレイン）

4) 部分単線化の課題

部分単線化によって、単線区間での所要時間の増大等のサービス水準の低下を招くとともに、いったん単線での整備を行った後に複線化を行う場合は、かえってコスト増につながる等の課題がある。

(2) 小型システムの検討

鉄道においては、つくばエクスプレスや名古屋鉄道等の標準的な鉄道車両を前提としており、トラムトレインやAGT※と比較して、トンネル断面や高架構造物が大きく、また、縦断勾配の制約もあり、駅部では大深度や高高架となりやすい。

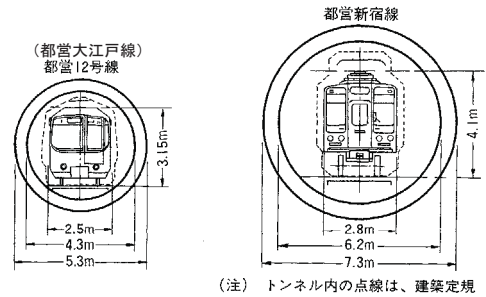
このため、小型車両で急勾配対応型システムである鉄輪リニア（都営大江戸線等）の採用によるイニシャルコストの縮減効果について検討を行った。

※AGT (Automated Guideway Transit) : 自動案内軌条式旅客交通システム

国内事例：ゆりかもめ（東京都）、アストラムライン（広島市）等



図 2-5 鉄輪リニア（都営大江戸線）



| | 都営12号線 | 都営新宿線 |
|-------------------------|-----------|------------|
| 内径 (m) | 4.3(69%) | 6.2(100%) |
| 外径 (m) | 5.3(73%) | 7.3(100%) |
| 内空断面積 (m ²) | 14.5(48%) | 30.2(100%) |
| 掘削断面積 (m ²) | 23.3(53%) | 43.6(100%) |

図 2-6 単線シールドトンネルの比較

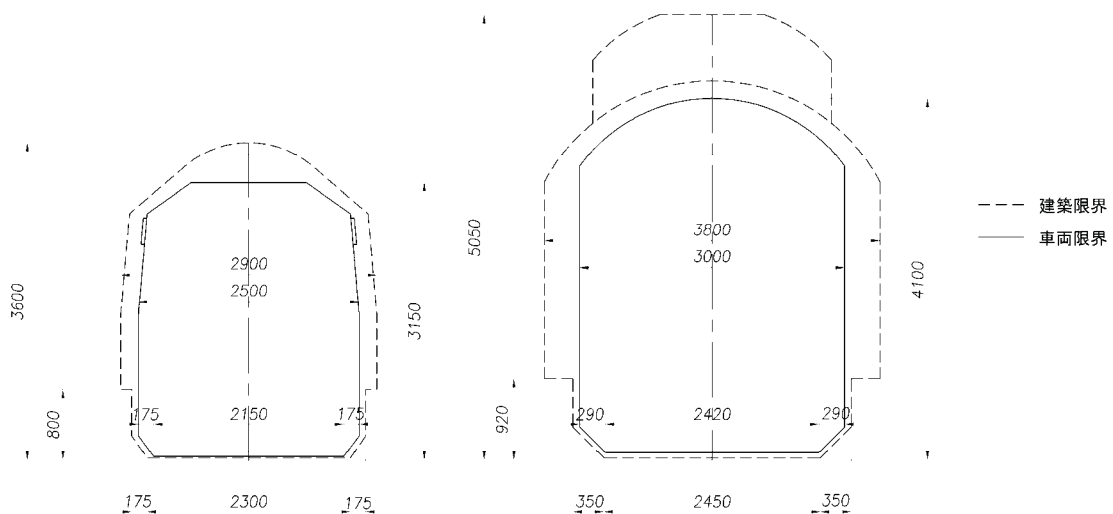
出典：新しい都市交通システム（都市交通研究会）

1) 車両定員の比較

在来鉄道の1車両当たりの定員は130~160人程度、鉄輪リニアは90~100人程度であり、鉄輪リニアは在来鉄道の6~7割程度の定員である。

2) 建築限界及び車両限界の比較

鉄輪リニアと在来鉄道の建築限界を比較すると、横幅で900mm、高さで1,450mm、鉄輪リニアの方が小さい。また、車両限界の横幅は500mm小さい。



鉄輪リニア(都営大江戸線)

在来鉄道(JR東日本)

図 2-7 建築限界及び車両限界の比較

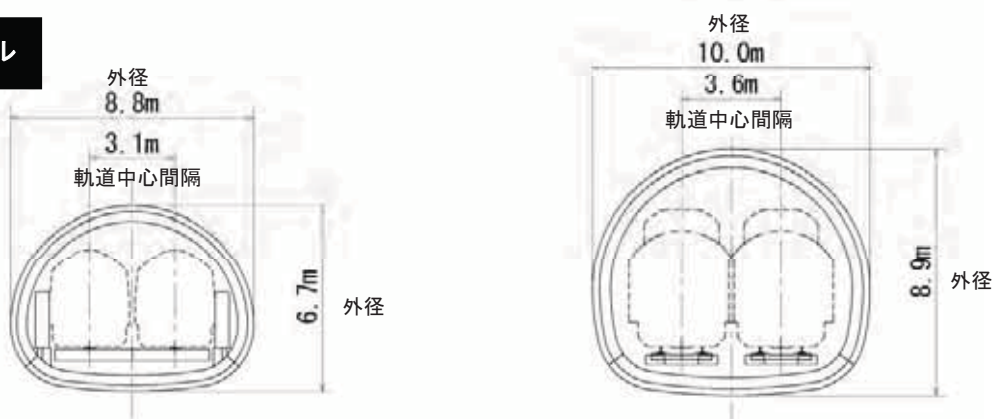
3) トンネル断面の比較

鉄輪リニアと在来鉄道の複線シールド断面を比較すると、外径で1.7m、鉄輪リニアの方が小さく、断面積では鉄輪リニアは在来鉄道の約70%となっている。また、山岳トンネルの断面積は、在来鉄道の65%となっている。

複線シールド



山岳トンネル



鉄輪リニア

在来鉄道

図 2-8 トンネル断面の比較

4) 最高速度・所要時間の比較

鉄輪リニアの国内の最高速度は、横浜市交通局グリーンラインの80km/hであり、その他の事業者は70km/hとなっている。

その前提で所要時間を比較すると、鉄輪リニアは、快速で約76分、各駅停車で約96分となり、在来鉄道と比較して、快速で約10分、各駅停車で約9分増加した。

表 2-7 最高速度・所要時間の比較

| システム | 営業キロ | 最高速度 | 所要時間 | |
|-------|--------|---------|------|------|
| | | | 快速 | 各駅停車 |
| 在来鉄道 | 77.0km | 130km/h | 約66分 | 約87分 |
| 鉄輪リニア | 77.0km | 80km/h | 約76分 | 約96分 |

※ケース 1R (うるま・パイプ) 糸満～名護

5) 概算事業費の算出

鉄輪リニアの概算事業費は、約 7,300 億円となり、在来鉄道に比べて約 1,200 億円低減した。キロ当たりでは、約 93 億円となった。

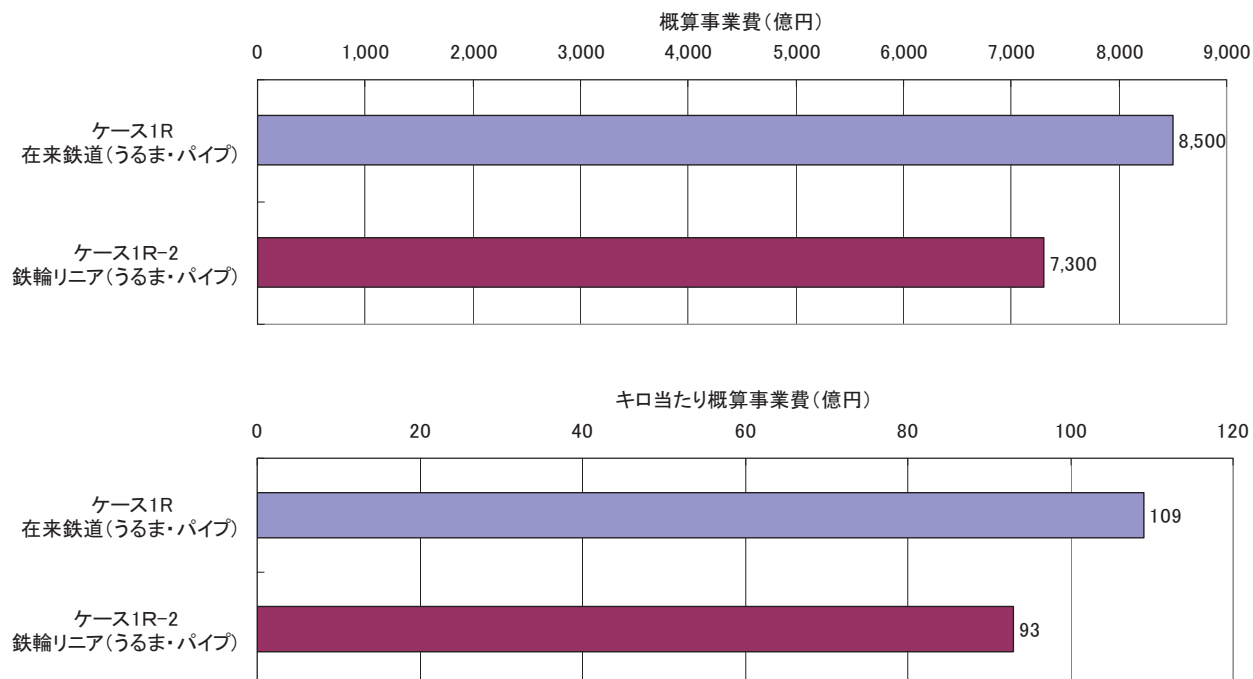


図 2-9 概算事業費の比較 (小型システムの検討)

6) 小型システムの留意点

小型システムについては、本調査では、国内で実用化されているものをベースに検討を行ったが、技術進歩も著しいことから、今後も技術動向を踏まえることが必要である。

(3) 施設の簡素化の検討

一般的に地下鉄は、改札階 (地下 1 階) とホーム階 (地下 2 階) があり、少なくとも 2 層構造となっている。一方、トラムトレインについては、車内精算が基本であることから、改札階を省略し、ホーム階のみの 1 層構造にすることが可能である。

平成 23 年度調査においては、改札階を考慮した 2 層以上の地下駅としていたが、本調査では、トラムトレインについては、1 層化 (浅深度化) 等の施設の簡素化の可能性について検討を行った。



図 2-10 出札設備(東京メトロ丸ノ内線)



図 2-11 改札設備(東京メトロ丸ノ内線)

1) トンネル断面の比較

基本ケースであるケース 1T（うるま・パイプ）においては、駅間部をシールドトンネル、駅部を開削トンネルで計画しており、シールドトンネルは 1D（外径）以上の土被りを確保することを前提としている。

一方、施設の簡素化では、道路下空間での最低土被り 3.5m 以上を確保した上で、駅間部、駅部ともに開削トンネルで計画した。

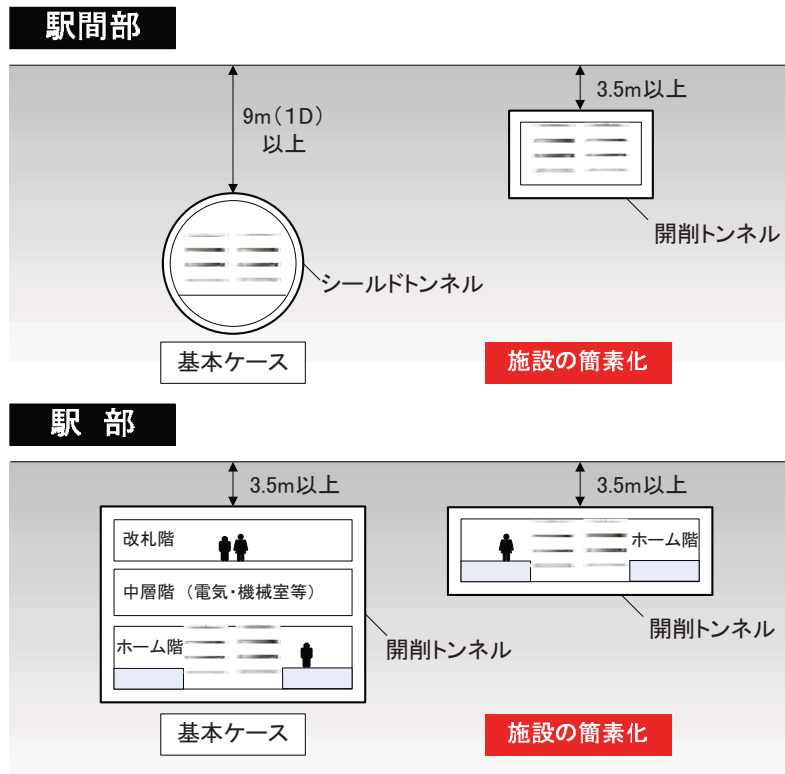


図 2-12 駅間部・駅部の断面比較

2) 設備等の簡素化

上述した 1 層化（浅深度化）に加え、自動改札機や自動券売機等の駅務機器の省略、建築仕上げのグレードダウン等の設備の簡素化についても実施した。横浜市交通局グリーンラインでは、以下の写真で示すように、ホーム対向壁の簡素仕上げや天井パネルの省略等が行われている。



図 2-13 ホーム対向壁の簡素化事例



図 2-14 天井パネルの省略事例

3) 概算事業費の算出

施設の簡素化の概算事業費は、約 5,000 億円となり、ケース 1T（うるま・パイプ）に比べて約 500 億円低減した。キロ当たりでは、約 65 億円となった。

コスト削減幅が小さい要因としては、土木工事費の低減額が 1%未満に留まったことによるものであり、浅深度化により駅部の土木工事費は低減したが、駅間部において開削トンネルがシールドトンネルより割高であったためである。このため、コスト削減額の大半は、設備等の簡素化によるものである。

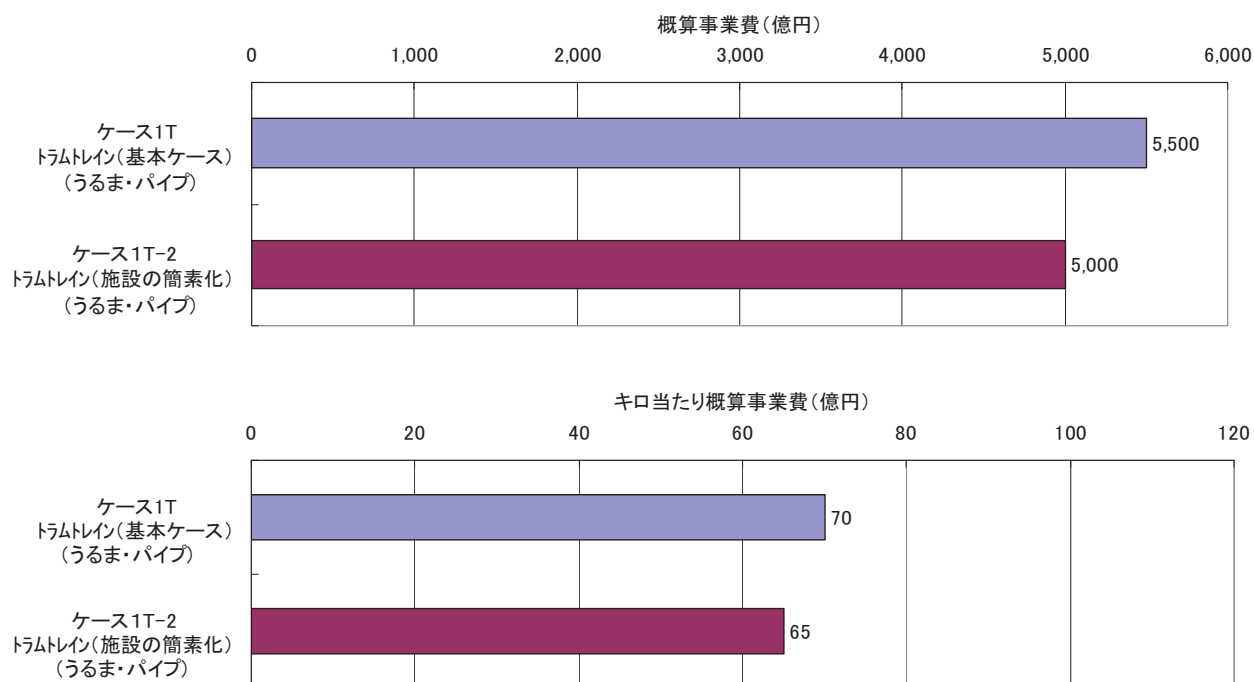


図 2-15 概算事業費の比較（施設の簡素化）

4) 1層化(浅深度化)の課題

地下鉄については、『鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準（平成 16 年 3 月 8 日国鉄技第 157 号）』（鉄道事業者が実施基準を定める場合の目安）において、地下駅等の火災対策が定められており、防災管理室の整備や防災設備の設置等が必要とされている。

地下駅の 1 層化（浅深度化）によって、これらの諸設備等の設置空間を別途確保することが課題であるとともに、車内精算で駅務機器等の省略は図られるものの、防災上の観点から駅の無人化まですることは更なる検討が必要である。

また、シールドトンネルから開削トンネルへの変更に伴い、工事期間中における道路交通や周辺環境等への影響も課題である。