

平成 25 年度「沖縄における鉄軌道をはじめとする新たな公共交通システム導入課題検討に向けた基礎調査」報告書について

平成 22 年度、平成 23 年度に内閣府で実施した「鉄軌道等導入可能性検討基礎調査」では、新たな公共交通システムの導入に関し、仮定のモデルルートを設定し、需要予測するとともに、損益収支や費用便益比（以下、B/C）等の検討を実施したところ、累積赤字が多額になることや B/C が 1 を大幅に下回ることなど、様々な課題があることが明らかとなった。鉄軌道をはじめとする新たな公共交通システムの導入課題を調査、検討するため、平成 24 年度より 3 か年で「鉄軌道等導入課題検討基礎調査」を実施している。

平成 24 年度調査では、コスト縮減方策、需要喚起方策を行うとともに、整備効果を計測するための手法などの検討を行った。

平成 25 年度調査では、更なるコスト縮減方策として「シールドトンネルにおける最新技術の採用」、「単線区間の拡大」、「駅数の見直し」、「小型システムとしてスマート・リニアメトロの採用」、「地下区間から地上区間への構造変更」を検討するとともに、需要喚起方策の検討や鉄軌道導入効果の計測方法の検討を行った。

1. コスト縮減方策の検討

1.1 過年度調査の概要

1.1.1 平成 22 年度調査の概要

平成 22 年度調査では、沖縄県の新たな公共交通システム導入の可能性検討として、需要予測モデルの構築に主眼を置き、モデルルートでの将来需要の予測を行っており、概算事業費の算出は行っていない。

1.1.2 平成 23 年度調査の概要

平成 23 年度調査では、平成 22 年度のモデルルートを基本に、ルートとシステムの組み合わせによるモデルケースを設定し、新たな公共交通システムの需要予測・事業費・事業採算性等のシミュレーションを行った。

(1) 検討結果

1) モデルケースの設定

- ① 糸満～名護を基本とし、うるま経由、読谷経由の 2 ルートを想定した。
- ② うるま経由はさらに県道 251 号ルート、国道 330 号ルート、支線設定、空港接続設定の 4 パターンとし、計 5 つのモデルケースを設定した。
- ③ 交通システムについては、鉄道または ترامトレイン（支線の一部は LRT）を想定した。

2) 概算事業費

- ① 地形条件等を踏まえて路線計画・運行計画を設定し、ケース毎に概算事業費を算出した。路線計画にあたっては、沖縄県特有の地形条件（低地部と丘陵部が錯綜）を踏まえるとともに、道路交通への影響等の観点から、都心部の鉄道については地下構造を基本とした。
- ② 概算事業費は、鉄道で 7,300～10,600 億円（キロ当たり 100 億円程度）、 ترامトレインで 4,900～7,200 億円（キロ当たり 70 億円程度）となった。

3) 事業採算性

第三セクターによる上下一体方式を想定し、既存の整備・運営スキームを前提に損益収支のシミュレーションを実施した。

- ① 鉄道では毎年約 150 億円前後の赤字で、開業 40 年後の累積赤字額が 6,000 億円以上となった。
- ② ترامトレインでは毎年約 80 億円前後の赤字で、開業 40 年後の累積赤字額が 2,900 億円以上となった。
- ③ 鉄道、 ترامトレインいずれも全ケースで損益収支は発散傾向である。また、投資額が大きいケースで収益性が低くなった。

(2) 平成 23 年度調査の課題

事業費削減の観点から、検討ルート・システム等の精査、地下・高架・地平各方式の精査、施設の簡素化等の検討が必要である。

1.1.3 平成 24 年度調査の概要

平成 24 年度調査では、コスト削減方策として、部分単線化、小型システムの採用、施設の簡素化、沖縄自動車道の活用、構造変更・基地跡地活用等の検討を行った。

(1) 検討結果

1) 部分単線化

部分単線化については、平成 23 年度調査と比べて、鉄道は約 11～15%、トラムトレインは約 15～17%のコスト削減効果があるが、単線区間でのサービス水準の低下等の課題がある。今後は、サービス水準とのトレードオフを見極めつつ、単線区間の延長の可能性について検討することが必要である。

2) 小型システムの採用

鉄道については、小型・急こう配対応システムである鉄輪リニアを採用することで、平成 23 年度調査の普通鉄道と比べて約 14%のコスト削減効果があったが、現行の実用化レベルでは輸送力の低下や所要時間の増加等の課題がある。今後は、技術進化の動向等も見つつ、引き続きコスト削減方策として検討する必要がある。

3) 施設の簡素化

施設の簡素化については、平成 23 年度調査と比べて、トラムトレインでは約 9%のコスト削減効果があるが、防災設備等の設置空間の確保や開削工事増大に伴う道路交通や周辺環境への影響等の課題がある。トラムトレイン駅の規模（特にホーム長）が小さいため、土木工事費の削減にはつながりにくいですが、設備関連の簡素化は一定程度の削減効果があった。

4) 沖縄自動車道の活用

沖縄自動車道の路面空間を活用することによって、鉄道、トラムトレインの場合、ともに 3 割弱のコスト削減が可能であるが、一方で、大幅な需要減やそれに伴う事業収支の悪化、車線減少による自動車交通の影響等の課題があることから、沖縄自動車道の全線に鉄軌道を導入する案は極めて困難であり、今後は、鉄軌道駅と沖縄自動車道との結節等について検討する必要がある。

5) 構造変更・基地跡地活用

鉄道については、国道 58 号に高架構造で導入、米軍基地跡地内に地平で導入することにより、平成 23 年度調査と比べて約 9%のコスト削減効果があるが、米軍基地跡地への地平構造での導入には、まちづくりや道路交差等の観点から課題がある。今後は、トラムトレインも含めて、引き続き検討を行う必要がある。

6) コスト削減策を踏まえた事業採算性・費用便益比 (B/C)

上記 1)～5) のコスト削減方策を実施した場合、損益収支については、コスト削減方策 (単体) では、いずれのケースにおいても大幅な改善にはつながらず、B/Cについても、平成 23 年度調査に比べて、0.02～0.06 程度の改善効果が見られたものの、大きな改善にはつながらなかった。

(2) 平成 24 年度調査の課題

1) 抜本的なコスト削減方策の検討

抜本的なコスト削減の観点から、地下やトンネル区間をできる限り減らし、路面活用や高架空間への導入可能性等も含め、様々な組み合わせによるコスト削減方策等について検討を行う必要がある。また、コスト削減等の観点から、駅のあり方 (数、場所等) についても検討を行う必要がある。

2) モデルルートの一部区間等に関する様々な検討

幅広い公共交通の選択肢等を検討するために、利用者ニーズや事業採算性等を考慮し、これまでの調査におけるモデルルートの一部区間をはじめとするルート案に関し、需要予測や概算事業費を分析する必要がある。

3) 最新の技術動向を踏まえた検討

今後は、実用化されている技術だけでなく、構造形式や施工方法、システム等、国内外の最新技術の導入によるコスト縮減の可能性について検討する必要がある。

1.2 平成25年度調査の検討結果

1.2.1 コスト縮減方策

平成25年度調査では、平成24年度調査のコスト縮減方策を踏まえ、最新技術の採用、単線区間の拡大、全線単線化、駅数の見直し、小型システムの採用、地下区間から地上区間への構造変更等を検討した。

「(1) 最新技術の採用」で採用した「SENS工法」は、全てのコスト縮減方策に適用したが、本項では、各コスト縮減方策のみの効果を把握するために、「SENS工法」のコスト縮減を除いて、平成23年度及び平成24年度試算結果のうち比較が可能なケースからのコスト縮減率を記述した。

(1) 最新技術の採用

地下区間で想定している「シールドトンネル」に対して、コスト縮減効果が期待され、施工実績がある「SENS工法」を採用することにより、鉄道では約9%、トラムトレインでは約13%のコスト縮減効果がある。SENS工法は、沖縄の地盤条件においても適用可能と考えられることから、その他の全てのケースに対しても適用した。今後も新たな技術等によるコスト縮減方策について引き続き検討することが重要である。

(2) 単線区間の拡大

平成24年度調査の単線区間を拡大した結果、平成24年度調査の部分単線と比較して、鉄道では約7~17%、トラムトレインでは約8~17%のコスト縮減効果がある。単線区間の拡大は、コスト縮減が図られるものの、所要時間が増加することや運行の自由度が低下する課題がある。

(3) 全線単線化

全線単線化（行き違いのため一部複線あり）を検討した結果、平成24年度調査の部分単線と比較して、鉄道では約18%、トラムトレインでは約15%のコスト縮減効果がある。全線単線化は、コスト縮減効果は大きいものの、所要時間が大幅に増加することや運行の自由度が低下する。また、将来的に複線化する場合には、当初から複線で整備する場合に比べて、コストが大幅に増嵩する点に留意する必要がある。

(4) 駅数の見直し

各駅の乗降人員や駅間距離等から、鉄道は30駅から21駅、トラムトレインは39~41駅から25~28駅に駅数を削減した結果、平成23年度及び平成24年度調査と比較して、鉄道では約3~4%のコスト縮減となった。また、トラムトレインでは、削減した駅の多くが事業費の安い地平構造であることから、平成23年度及び平成24年度調査と比較して約1.2~1.4%のコスト縮減にとどまった。駅数が減ることにより、駅へのアクセス時間が増加し、利便性が低下する課題もある。

(5) 小型システム

鉄輪リアの改良型として現在技術開発中のスマート・リアメトロを採用することで、車両長の小型化により駅のホーム長が短縮し、鉄輪リアと比較して約1.4%のコスト縮減となった。小型システムは、普通鉄道に比べて車両幅が狭いことから乗車時の快適性が劣ることや所要時間の増加等の課題がある。今後も技術進化の動向を注視しながら、引き続き検討することが重要である。

(6) 地下区間から地上区間への構造変更

1) 名護付近の構造変更

鉄道において、名護付近の構造形式を地下構造から高架構造へ変更することにより、高架構造の割合は、ケース1Rでは16%から19%、ケース7Rでは22%から25%へと各3%増加し、平成23年度及び平成24年度調査と比較して約3%のコスト縮減となった。ただし、国道58号への高架構造導入を前提としているため、車線数減少による交通容量の減少及び道路交通への影響に留意する必要がある。今後は、他のモデルルートについても、構造変更の可能性に

ついて検討することが重要である。

2) 支線①(名護～沖縄美ら海水族館)の構造変更

支線①について、内陸部を山岳トンネル構造として直線で結ぶルート(路線延長約16km)から海沿いの道路を使用した地平構造とするルート(路線延長約21km)に変更し、トラムトレインを導入した結果、支線①だけで見ると、平成23年度調査と比較して約71%の大幅なコスト縮減が図られた。ただし、道路空間への導入を前提としているため、道路交通への影響や、海沿いルートとしたことで路線長が伸びたこと、また曲線部の増加により走行速度が遅くなることによる所要時間の増加等の課題がある。

3) 国道58号の地平構造を利用した検討

国道58号の地平構造にトラムトレインを導入した結果、平成23年度調査と比較して、約13%のコスト縮減効果がある。ただし、米軍基地跡地への地平構造での導入には、まちづくりや道路交差等の観点からの課題がある。

4) 空港接続線の構造変更

県庁前から那覇空港までの空港接続線を、全線地下構造から可能な限り安価となる地平構造または高架構造とした結果、空港接続線を国道331号及び国道332号を経由するルートに変更することで、鉄道では地下区間の約50～100%が高架構造となり、平成23年度調査と比較して、約33～50%の大幅なコスト縮減が図られた。また、トラムトレインでは空港接続線の全線が高架構造または盛土構造となるため、平成23年度調査と比較して、約75%の大幅なコスト縮減が図られた。ただし、国道331号及び国道332号を経由するルートについては、米軍施設である那覇港湾施設用地の一部共用が必要となる。

1.2.2 コスト縮減方を踏まえた事業採算性・費用便益比(B/C)

平成25年度調査で検討した各コスト縮減方策を実施した場合の需要予測値、損益収支及びB/Cを試算した(巻末別紙-2参照)。

試算の前提として、シールドトンネル区間は全てのケースにおいて「SENS工法」を実施することとした。なお、「SENS工法」は工法の変更であるため輸送需要に対する影響はない。

「SENS工法」の採用と組み合わせて単線区間の拡大、全線単線化、駅数の見直し、小型システム(スマート・リニアメトロ)の採用、地下区間から地上区間への構造変更を行った結果を平成23年度調査及び平成24年度調査のうち、比較が可能なケースについて事業費、B/C等を比較すると以下の通りである。

(1) 鉄道

1) 最新技術の採用

最新技術(SENS工法)を採用した結果、平成23年度調査のケース1R(うるま・パイプラインルートの全線複線)と比較して、事業費は約9%の約800億円が縮減され約7,700億円となった。B/Cは0.04改善され、0.43と試算された。

2) 単線区間の拡大

平成24年度調査の単線区間を拡大した結果(糸満市役所～旭橋、宜野湾市役所北または伊佐～名護を単線)、事業費は約16～35%縮減した。

ケース1R(糸満市役所～旭橋、宜野湾市役所北～名護を単線)は平成24年度調査のケース1R(部分単線)と比較して、事業費は約23%の約1,700億円が縮減され、約5,800億円となった。快速運行の設定が困難なこと、上下方向の行き違いのための停車時間増加がサービス水準を低下させ、輸送需要は減少すると予測された。このため、B/Cは0.03低下して0.41と試算され、改善効果は見られなかった。

ケース7Rのうるま・国道58号ルートで単線区間を設定した(糸満市役所～豊見城、うるま市役所～名護を単線)。平成24年度調査では当該ルートについて単線区間を設定していなかったため、仮に、平成24年度調査のケース7R(全線複線)と比較すると事業費は約22%の約1,700億円が縮減され、約6,000億円と試算された。B/Cは0.08上昇し、0.46と試算された。

3) 全線単線化

全線単線化(行き違いのため一部複線あり)を検討した結果、平成24年度調査のケース

1Rのうるま・パイプラインルートの部分単線（糸満市役所～豊見城、うるま市役所～名護を単線）と比較して、事業費は約27%の約2,000億円が縮減され、約5,500億円となった。快速運行の設定が困難なこと、上下方向の行き違いのための停車時間増加がサービス水準を低下させ、輸送需要は減少すると予測された。B/Cは輸送需要の減少よりもコスト縮減が大きいため、0.04上昇し、0.48と試算された。

4) 駅数の見直し

駅数を見直した結果、地平駅よりも地上高架駅、地下開削駅を削減する方がコスト縮減効果はあった。

ケース1Rの駅数を30駅から21駅へ削減した結果、平成23年度調査と比較して、事業費は約13%の約1,100億円が縮減され、約7,400億円となった。しかし、駅数が減ることにより駅へのアクセス時間が増加するため、輸送需要は減少すると予測された。このため、B/Cは0.03低下して0.36と試算され、改善効果は見られなかった。

5) 小型システムの採用

鉄輪リニアの改良型のスマート・リニアメトロを採用した結果、平成24年度調査の鉄輪リニアと比較して、事業費は車両長の小型化による駅構造物の縮減により、約7～19%縮減した。

鉄輪リニアと比較して、ケース1Rの事業費は約7%の約500億円が縮減され、約6,800億円となった。また、車両の小型化による輸送力の低下を回避するため、運行本数を6本から9本へ増便（旭橋～宜野湾市役所北間）した。このため、列車待ち時間の短縮が図られ、サービス水準が向上し、輸送需要は増加すると予測された。これらのコスト縮減、輸送需要増加によりB/Cは0.04改善され、0.47と試算された。

6) 地下区間から地上区間への構造変更

① 名護付近の構造変更

名護付近の構造形式を地下構造から高架構造へ変更したことにより、高架構造の割合は、ケース1Rでは16%から19%、ケース7Rでは22%から25%へと各3%増加した。

この方策は構造の変更のみのため、サービス水準は変更されず、輸送需要も変動しない。平成23年度調査と比較して、ケース1Rの事業費は約12%の約1,000億円が縮減され、約7,500億円となった。B/Cは0.05改善され、0.44と試算された。

② 空港接続線の構造変更

空港接続線について平成23年度調査のルートを変更し、構造を地下構造から高架構造と地平構造へ変更した結果、ケース5Rの事業費は約11%の約1,000億円が縮減され、約8,100億円となった。ルート変更に伴い、奥武山公園付近に新たに駅を設置したため、所要時間が約2分増加した影響で輸送需要が減少すると予測された。しかし、B/Cはコスト縮減効果の方が大きかったため、0.05上昇し、0.43と試算された。

(2) トラムトレイン

1) 最新技術の採用

最新技術（SENS工法）を採用した結果、平成23年度調査のケース1T（全線複線）と比較して、事業費が約13%の約700億円が縮減され、約4,800億円となった。B/Cが0.06改善され、0.59と試算された。

2) 単線区間の拡大

平成24年度調査の単線区間を拡大した結果（糸満市役所～奥武山公園、宜野湾市役所北または伊佐～名護を単線）、平成24年度の部分単線ケースと比較して、事業費は約10～37%縮減した。

平成25年度調査では、那覇～普天間間をパイプラインから国道58号へルート変更したケース7Tについて検討した。ケース7Tを単線化（糸満市役所～奥武山公園または旭橋、宜野湾市役所～名護区を単線）した結果、平成24年度のケース1T（部分単線）と比較して、事業費が約37%の約1,700億円が縮減し、約2,900億円となった。B/Cは0.24改善され、0.83へ大幅に改善された。

なお、うるま・国道58号ルートの単線区間を設定したケースは、B/Cが平成25年度調査中で最も良かったケースである。

3) 全線単線化

全線単線化（行き違いのため一部複線あり）を検討した結果、平成 24 年度調査のケース 1T の部分単線（糸満市役所～豊見城、うるま市役所～名護）と比較して、事業費は約 24% の約 1,100 億円が縮減され、約 3,500 億円となった。

鉄道の場合は全線単線化による輸送需要の減少が見られたが、トラムトレインは、鉄道と比較して駅数が多いことから、駅を行き違い施設として活用できるために鉄道と比べて単線運行の制約が少ない。また、停車時分が長くなる区間を複線とすることで、所要時間の増加を抑えることが出来るため、輸送需要への大きな影響を与えなかった。

その結果、B/C は 0.18 改善され、0.77 へ大幅に改善された。

4) 駅数の見直し

トラムトレインでは、駅数の見直しにより削減した駅の多くが地平構造であることから、コスト削減の効果が鉄道と比較して大きくない。平成 23 年度調査のケース 1T を 41 駅から 13 駅削減することにより、事業費は約 13% の約 700 億円縮減され、約 4,800 億円となった。

駅数が減少することにより駅へのアクセス時間が増加し、輸送需要は減少すると予測される。B/C は 0.03 低下して 0.50 と試算され、改善効果は見られなかった。

5) 地下区間から地上区間への構造変更

① 国道 58 号への地平構造による導入検討

平成 25 年度調査では、那覇～普天間間をパイプラインから国道 58 号へルート変更し、国道 58 号の地平構造を利用するケース 7T（全線複線）について検討した。当該ケースでは平成 23 年度調査のケース 1T（全線複線）と比較して、事業費は約 24% の約 1,300 億円が縮減され、約 4,200 億円となった。B/C は 0.06 改善されたが、0.59 にとどまった。その要因としては国道 58 号はパイプラインに比べて周辺人口が少ないため、沿線地域の利用客が少なくなることで、利用者便益（主に時間短縮効果）がパイプラインよりも発現しないことによる。

② 空港接続線の構造変更

ケース 7T に空港接続線として国道 58 号の旭橋辺りから高架構造で那覇空港へ至るルートを追加した結果、事業費は約 4,300 億円となり、B/C は 0.62 と試算された。

③ 支線①（名護～沖縄美ら海水族館）の構造変更

支線①（名護～沖縄美ら海水族館）のルートについて、内陸部を山岳トンネル構造として直線で結ぶルート（路線延長約 16km）から海沿いの道路を使用した地平構造とするルート（路線延長約 21km）に変更した結果、平成 23 年度調査と比較して、事業費は約 17% の約 1,200 億円（支線部のみで約 500 億円）が縮減され、約 6,000 億円となった。B/C は 0.03 改善されたが、0.49 にとどまった。その要因としては、海沿いの道路上のルートとすることで路線長が大幅に伸び、所要時間が増加するため、利用者便益（主に時間短縮効果）が低下したことによる。なお、地上走行によって車窓から景色を楽しむこと等の魅力向上が便益に与える影響は考慮されていないため、B/C の改善に向け、今後これらを検討する必要がある。

2. 需要喚起方策の検討

2.1 過年度調査の概要

2.1.1 平成 24 年度調査の概要

既存統計等、国内外の先進事例、アンケート・ヒアリング調査をもとに、旅客（県民+観光客）、貨物、まちづくり、総合的な交通体系の観点から需要喚起方策の整理・分類を行った。

2.2 平成 25 年度調査の検討結果

鉄軌道の事業採算性、B/C を改善させるためには、鉄軌道の需要喚起が重要な課題である。そのため、需要予測結果に基づき、鉄軌道の利用状況を分析し、需要喚起を図るべき対象を把握するとともに、需要喚起に有効な施策について検討を行った。

一方、鉄軌道の整備により地域全体として公共交通の利便性向上が期待されるが、既存公共交通のモノレールやバス、タクシーへの需要や採算面でのマイナスの影響も想定される。そのため、総合的な交通体系の観点から、鉄軌道整備による他モードへの影響を定量的に検討し、想定される課題を抽出した。

また、その他の需要喚起施策として、自動車利用適正化施策の海外事例、貨物輸送へのニーズを把握した。

(1) 旅客（県民+観光客）の需要喚起方策

需要予測結果から、鉄軌道の利用割合や他モードからの転換状況を把握するとともに、意識調査結果から県民や観光客の鉄軌道へのニーズを把握した。その結果、観光面での需要喚起や短距離帯での自動車からの転換による需要喚起が課題であることを示した。また、県民は駅へのアクセス確保が鉄軌道の重要な利用条件となっていることが分かった。

1) 運賃施策の事例分析

短距離帯での鉄軌道利用を促進させる施策として、短距離割引（1駅のみ利用の運賃を半額程度に割引く施策）の事例を収集した。その結果、実施例のひとつである沖縄県のゆいレールにおいて、需要喚起に一定の効果があることを確認した。

2) 鉄軌道とバス路線の結節のあり方の検討

鉄軌道とバス路線の結節のあり方を検討するため、鉄軌道（ケース1R）とバス路線の県庁周辺までのサービス水準を比較した。その結果、県庁周辺から概ね10km以遠については、鉄軌道の所要時間および費用面での優位性が高く、バス路線のフィーダー化*が需要喚起に有効であることを示した。

※幹線である鉄軌道への支線として運行するバス。

(2) 鉄軌道の整備による他交通機関への影響把握

鉄軌道が整備された場合の他交通機関への影響を検討した結果、モノレールは約10%、バスは約2%の減収と予測された*。モノレールやバスへのマイナス面の影響が想定されたことから、鉄軌道とモノレール、バスとの連携やバス路線の再編等の課題を示した。

※ケース1R（糸満～名護、普通鉄道、全線複線、支線なしケース）の予測結果であり、諸条件（ルート、システム、駅位置、速度等）が異なる他のケースでは、予測結果が大きく異なることに留意する必要がある。

(3) その他の需要喚起方策

1) 自動車利用適正化施策

ロードプライシング*についての海外事例を収集した結果、鉄軌道への需要喚起の面では一定の効果が期待されるものの、住民・関係者の合意形成等の課題を示した。

※道路混雑解消や環境問題の解決などを目的に、都心部等の特定地域への自動車の流入抑制を図るため、道路利用者に対し課金を行う施策。

2) 貨物輸送

荷主・運送業への意識調査結果から、観光客の手荷物輸送での一定のニーズを確認した。

3. 鉄軌道導入効果の計測方法の検討

3.1 過年度調査の概要

3.1.1 平成23年度調査の概要

鉄軌道利用者並びに社会的に受益する効果を整理した。鉄軌道利用者が受益する効果として「快適性向上」等について定性的な検討を行った。また、社会的に受益する効果として「地域振興」等について定性的な検討を行った。

3.1.2 平成24年度調査の概要

利用者効果の「定時性向上効果」、「快適性向上効果」並びに社会的効果の「存在効果」について実際に測定できるか、その測定方法について検討を行い、測定手法の妥当性を確認した。

3.2 平成25年度調査の検討結果

(1) 利用者の定時性・快適性向上効果の計測

定時性・快適性向上効果の計測を行うため、訪問配布・訪問回収形式によるアンケート調査を本島居住者に実施し、分析結果の精度が保証される回収結果を得ることができた。

アンケートデータから、定時性・快適性向上効果については、支払意思額を確認することができたため、B/Cの改善に向けて便益計算方法を検討する必要がある。

(2) 沖縄県民が捉える鉄道整備による存在効果

同アンケート調査において、鉄軌道整備による存在効果の所在について把握した。過半数を超える沖縄県民が捉える存在効果としては、「いつでも利用できる安心感・期待感（オプション効果）」及び「送迎等の心理的な負担を回避できることによる満足感（代位効果）」であることが明らかになったため、B/Cの改善に向けてこれらの存在効果の便益計算方法を検討する必要がある。

4. 調査のまとめ

4.1 コスト縮減方策の検討結果

コスト縮減方策として、ケース1のルートにトンネル区間でSENS工法を採用する方策を検討した結果、鉄道で9%、トラムトレインで13%コスト縮減が図られたことから、全てのケースにおいてSENS工法を前提として検討を行った。

(1) コスト縮減方策の効果

最新技術の採用、単線区間の拡大、全線単線化、駅数の見直し、小型システムの採用、地下区間から地上区間への構造変更、組み合わせのコスト縮減方策毎に最もB/Cが高いケースを示したのが下表である。

鉄道をみると、単線区間の拡大や全線単線化、駅の見直しでは、コストは削減されるものの、サービスが低下し輸送需要が減少することから、B/Cは平成24年度と比較して▲0.03から0.08の変化で大幅な改善効果は見られなかった。そこで、最新技術の採用（SENS工法）、部分単線、小型システム（スマート・リニアメトロ）や名護付近の構造変更の方策の組み合わせについて試算を行ったが、平成24年度調査と比較して0.14改善され、0.58となっている。

最新技術の採用、地下区間から地上区間への構造変更は、サービス水準を低下させず需要が減少しないで、コスト縮減が可能な施策であり、B/Cの改善が期待できることから、今後は、技術進化の動向やまちづくりと一体となった導入空間を考慮し、引き続き検討することが重要である。

トラムトレインをみると、うるま・58号ルートで単線区間を拡大したケースでは、平成24年度調査と比較してB/Cが0.24改善し、B/Cは検討した方策の中で最も良い0.83となっている。当該ケースが高いB/Cを示しているのは、地下構造から地平構造への変更を図ることが可能な国道58号を活用し、さらに糸満市役所～奥武山公園、宜野湾市役所北～名護で単線化を図ることで相当程度事業費の規模が圧縮されたことによる。なお、B/Cは鉄道に比べ高くなっている。

	コスト縮減方策	ルート	概算事業費 【億円】	B/C (50年間)
鉄 道	最新技術の採用のみ	うるま・パイプ	7,700 [▲9%]	0.43 [0.04]
	単線区間の拡大 ^{注1)}	うるま・58号	6,000 [▲22%]	0.46 [0.08]
	全線単線化	うるま・パイプ	5,500 [▲27%]	0.48 [0.04]
	駅数の見直し	うるま・パイプ	7,400 [▲13%]	0.36 [▲0.03]
	小型システム(スマート・リニアメトロ)	うるま・パイプ	6,800 [▲7%]	0.47 [0.04]
	地下区間から地上区間への構造変更 (名護付近を高架構造で導入)	うるま・パイプ	7,500 [▲12%]	0.44 [0.05]
	施策の組み合わせ ・部分単線 ^{注2)} ・小型システム(スマート・リニアメトロ) ・名護付近の構造変更	うるま・パイプ	6,000 [▲20%]	0.58 [0.14]
ト ラ ム ト レ イ ン	最新技術の採用のみ	うるま・パイプ	4,800 [▲13%]	0.59 [0.06]
	単線区間の拡大	うるま・58号	2,900 [▲37%]	0.83 [0.24]
	全線単線化	うるま・パイプ	3,500 [▲24%]	0.77 [0.18]
	駅数の見直し	うるま・パイプ	4,800 [▲13%]	0.50 [▲0.03]
	ケース7+空港接続をルート変更し、 高架構造	うるま・58号 +空港接続 ^③	4,300 [▲27%]	0.62 [0.09]
	施策の組み合わせ ・那覇～普天間間のルート変更 ・単線区間の拡大	うるま・58号	2,900 [▲37%]	0.83 [0.24]

注1) うるま・58号ルートの単線化は平成24年度調査で未試算である。平成25年度調査で新たに単線区間を設定し試算したケースがB/Cが最大となっている。

注2) 部分単線は平成24年度調査で検討したケースである。

注3) []内は平成23年度、平成24年度調査からの変化(概算事業費は変化率、B/Cは差分)。詳細は巻末参考表参照。

(2) 地下区間から地上区間への構造変更によるコスト縮減効果

コスト縮減の観点から、地下区間を可能な限り安価となる地平構造または高架構造に変更する検討を行った。鉄道では、国道58号で高架構造、米軍基地跡地に地平構造で導入し、さらに名護付近を地下構造から高架構造に変更することにより、地上区間の割合が32%から最大で46%まで増加し、事業費は20%縮減され、B/Cは0.04改善された。

なお、ケース3Rの読谷・パイプラインルートで見ると、全線のうち地上区間の割合が47%まで増加する。

これらの地下区間を地上区間へ構造変更する方策は、コストの縮減に資するだけでなく、車窓から景色が見えることで魅力向上により観光等需要が増大する効果やまちづくりと一体的に景観に配慮した導入区間を整備することでまちづくりが推進される効果等が期待される。

4.2 需要喚起方策の検討及び鉄軌道導入効果の計測方法の検討結果

(1) 需要喚起方策の検討

需要予測結果の分析から、観光面での需要喚起の課題や、短距離帯での自動車からの転換が需要喚起に有効であることを示した。また、需要喚起に有効と考えられる施策として、短距離運賃割引、鉄軌道とバス路線の結節のあり方についての検討を行った。その結果、短距離運賃割引は鉄軌道の需要喚起に一定の効果があること、バス路線に比べ鉄軌道の優位性が高い地域ではバス路線のフィーダー化を図ることが有効であることが分かった。

また、総合的な交通体系の観点から、鉄軌道の整備が他モードへ与える影響を検討した結果、モノレールやバスが減収となることが予測されたことから、鉄軌道とモノレール・バスとの連携やバス路線の再編等の課題を示した。

その他の需要喚起施策として、ロードプライシングについては需要喚起に一定の効果が期待できるものの住民・関係者の合意形成等、実現への課題が大きいこと、貨物輸送については観光客の手荷物輸送について一定のニーズを確認した。

(2) 鉄軌道導入効果の計測方法検討

鉄軌道利用者が受益する定時性向上効果、快適性向上効果については、便益を一定程度押し上げる可能性がある。また、鉄軌道があることによる社会的な効果(存在効果)を確認したため、今後は、これらの便益計算方法を検討する必要がある。

5. 平成26年度調査に向けて

平成25年度調査では、様々なコスト縮減方策を中心に検討した結果、事業概算費の縮減やB/Cの改善は相当程度図られたが、さらなるB/Cの改善に向けて、コスト縮減方策について引き続き検討を行うとともに、より詳細に需要を把握することにより、需要分析の深度化を図る。

また、全国新幹線鉄道整備法も含め、様々な制度について研究・検討などを行う。調査にあたっては、沖縄県と連携を図りながら検討する。

5.1 コスト縮減方策の検討

コスト縮減方策について引き続き検討を行うとともに、以下の検討等を行いコスト縮減方策の深度化を図る。

(1) 各モデルルート等についての精査

これまでの調査において検討していた各モデルルート等について、導入空間の見直しなどの精査を詳細に行う。

(2) ランニングコストの縮減に関する可能性調査

ドライバーレス運転の検討等、新たな技術によるランニングコスト縮減策について情報収集を行い、その可能性を整理する。

(3) モデルルートの一部区間に関する検討の深度化

これまでの調査におけるモデルルートの一部区間についてコスト縮減策の検討を深度化する。

(4) その他更なるコスト縮減策の検討

車両が軽量化されることによる高架構造物等のコスト縮減策等について深度化する。

5.2 需要分析の深度化

需要予測の深度化を図るとともに、需要喚起施策について引き続き検討を行う。

(1) 需要予測の深度化

これまでの調査において構築した需要予測モデルについて、観光需要予測の見直し（外国人観光客の動き等を踏まえた観光フレームの更新など）等を行い、需要予測の深度化を図る。

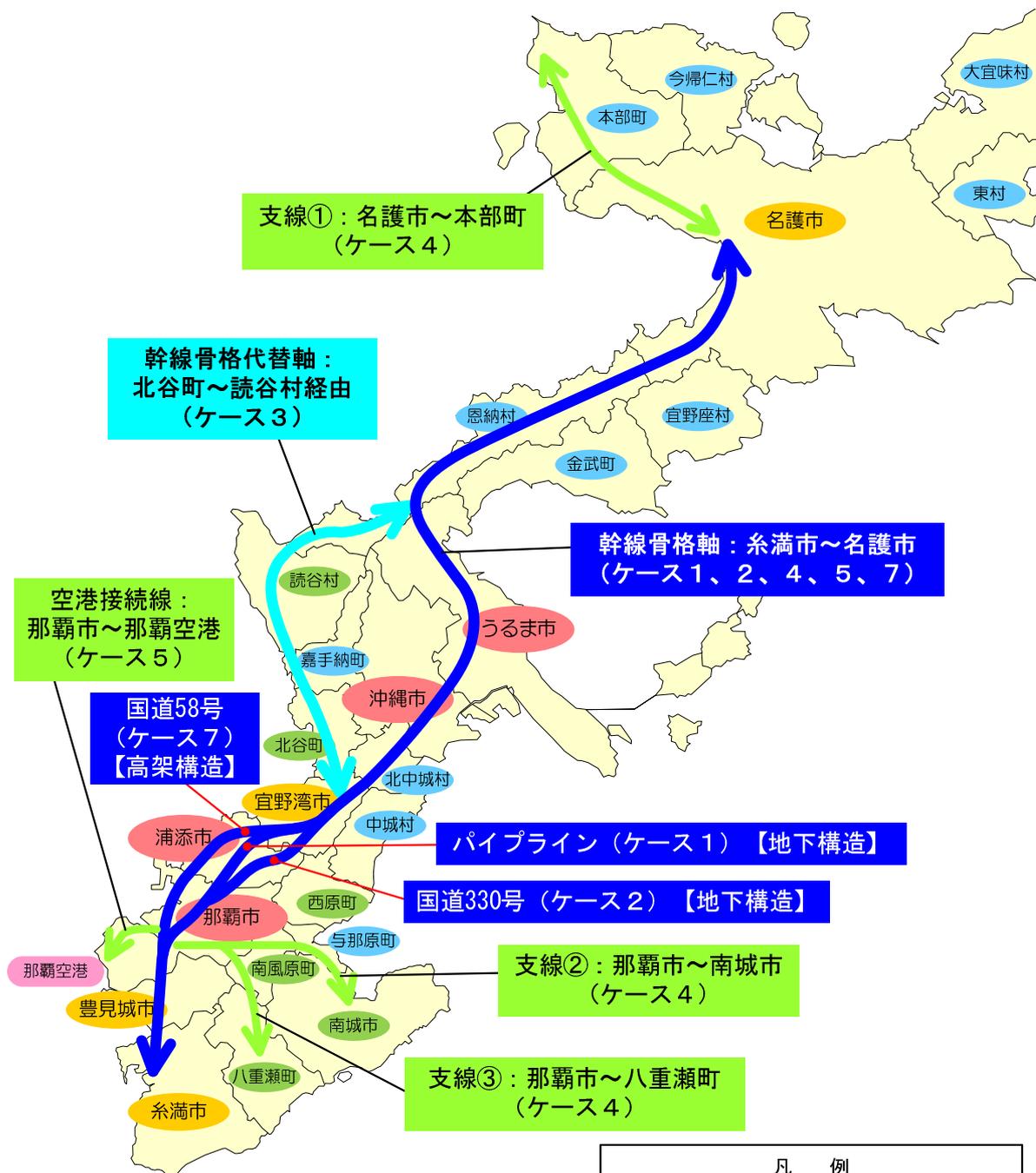
(2) 総合的な交通体系の観点からの需要喚起方策の検討の深度化

総合的な交通体系についての現状把握、鉄軌道のモデルルートとの結節のためのフィーダー交通の検討等について引き続き検討する。

5.3 その他

B/Cの改善に向けて、住民及び観光客が受益する定時性向上効果、快適性向上効果について便益の計測を行う必要がある。また、鉄道を利用しない沖縄本島居住者が受益する鉄道の存在効果等を計測出来るかを検討する必要がある。

さらに、全国新幹線鉄道整備法も含め、様々な制度について研究・検討することが必要である。



ケース名	ルートの概要	経由地	那覇～普天間の導入空間
ケース1	幹線骨格軸	うるま	パイプライン
ケース2		うるま	国道330号
ケース3	幹線骨格代替軸	読谷	パイプライン
ケース4	ケース1+支線①②③	うるま	パイプライン
ケース5	ケース1+空港接続	うるま	パイプライン
ケース7	幹線骨格軸	うるま	国道58号

凡 例

- : 幹線骨格軸
- : 幹線骨格代替軸
- : 支線①～③、空港接続線
- : 那覇市 : 市町村名 (人口10万人以上)
- : 宜野湾市 : 市町村名 (人口5～10万人以上)
- : 南城市 : 市町村名 (人口2～5万人)
- : 嘉手納町 : 市町村名 (人口2万人未満)

【鉄道】

検討 ケース	コスト削減方策	ルート	概算事業費 【億円】	需要予測値 (平成 42 年度) 【万人/日】	B/C (50 年間)	
ケース 1R	最新技術の採用のみ	うるま・パイプ	7,700 [▲9%] *8,500	9.6 [0%] 9.6	0.43 [0.04] 0.39	
ケース 7R-1	部分単線	うるま・58号	6,000 [▲22%] 7,700	8.0 [▲7%] 8.6	0.46 [0.08] 0.38	
ケース 1R-1-1	単線区間の拡大	うるま・パイプ	5,800 [▲23%] 7,500	7.8 [▲11%] 8.8	0.41 [▲0.03] 0.44	
ケース 2R-1-1			うるま・330号	5,900 [▲23%] 7,700	7.5 [▲12%] 8.5	0.37 [▲0.05] 0.42
ケース 3R-1-1		読谷・パイプ		5,200 [▲16%] 6,200	6.4 [▲12%] 7.3	0.31 [▲0.14] 0.45
ケース 4R-1-1			うるま・パイプ +支線①②③	7,300 [▲21%] 9,200	10.3 [▲10%] 11.5	0.45 [0.01] 0.44
ケース 5R-1-1		うるま・パイプ +空港接続		6,100 [▲24%] 8,000	6.6 [▲27%] 9.0	0.39 [▲0.04] 0.43
ケース 7R-1-1			うるま・58号	5,000 [▲35%] 7,700	7.2 [▲16%] 8.6	0.41 [0.03] 0.38
ケース 1R-1-2		全線単線		うるま・パイプ	5,500 [▲27%] 7,500	8.1 [▲8%] 8.8
ケース 1R-6		駅数の見直し	うるま・パイプ	7,400 [▲13%] *8,500	7.4 [▲23%] 9.6	0.36 [▲0.03] 0.39
ケース 7R-5	うるま・58号			6,800 [▲12%] 7,700	6.8 [▲21%] 8.6	0.33 [▲0.05] 0.38
ケース 1R-3		小型システム (スマート・リニアトロ)	うるま・パイプ	6,800 [▲7%] 7,300	10.6 [13%] 9.4	0.47 [0.04] 0.43
ケース 7R-2	うるま・58号			5,900 [▲19%] 7,300	9.9 [5%] 9.4	0.46 [0.03] 0.43
ケース 1R-5		構造 変更	名護付近を高架 構造で導入	うるま・パイプ	7,500 [▲12%] *8,500	9.6 [0%] 9.6
ケース 7R-4	うるま・58号			6,800 [▲12%] 7,700	8.6 [0%] 8.6	0.43 [0.05] 0.38
ケース 5R-2			空港接続をルート 変更し、地下・ 地平・高架構造 で導入	うるま・パイプ +空港接続①	8,100 [▲11%] *9,100	8.3 [▲15%] 9.8
	ケース 7R-3				うるま・58号 +空港接続②	7,300 [▲5%] 7,700

※1 最新技術の採用によるコスト削減は全ケースにおいて採用。

※2 上段は平成 25 年度検討の値、[]内は過年度調査との変化率、B/Cは差分。下段は過年度調査の値（概算事業費に*のあるものは平成 23 年度調査値、無印は平成 24 年度調査値）。

【トラムトレイン】

検討 ケース	コスト削減方策		ルート	概算事業費 【億円】	需要予測値 (平成 42 年度) 【万人/日】	B/C (50 年間)
ケース 1T	最新技術の採用のみ		うるま・パイプ	4,800 [▲13%] *5,500	8.8 [0%] 8.8	0.59 [0.06] 0.53
ケース 1T-1-1	単線区間の拡大		うるま・パイプ	3,500 [▲24%] 4,600	7.9 [▲1%] 8.0	0.72 [0.13] 0.59
ケース 2T-1-1			うるま・330号	3,700 [▲21%] 4,700	7.6 [▲3%] 7.8	0.67 [0.09] 0.58
ケース 3T-1-1			読谷・パイプ	3,700 [▲10%] 4,100	6.3 [▲3%] 6.5	0.54 [▲0.06] 0.60
ケース 4T-1-1			うるま・パイプ +支線①②③	4,900 [▲20%] 6,100	10.2 [0%] 10.2	0.56 [0.08] 0.48
ケース 5T-1-1			うるま・パイプ +空港接続	3,700 [▲24%] 4,900	7.2 [▲11%] 8.1	0.69 [0.13] 0.56
ケース 7T-1-1			うるま・58号	2,900 [▲37%] 4,600	7.9 [▲1%] 8.0	0.83 [0.24] 0.59
ケース 1T-1-2			全線単線		うるま・パイプ	3,500 [▲24%] 4,600
ケース 1T-3	駅数の見直し		うるま・パイプ	4,800 [▲13%] *5,500	7.7 [▲13%] 8.8	0.50 [▲0.03] 0.53
ケース 7T-3			うるま・58号	4,200 [▲24%] *5,500	7.2 [▲18%] 8.8	0.44 [▲0.09] 0.53
ケース 7T	構 造 変 更	那覇～普天間 間を国道 58 号 及び米軍用地 内に地平	うるま・58号	4,200 [▲24%] *5,500	8.9 [1%] 8.8	0.59 [0.06] 0.53
ケース 7T-2		ケース 7 + 空 港接続をルート変 更し、高架構造	うるま・58号 +空港接続③	4,300 [▲27%] *5,900	8.1 [▲11%] 9.1	0.62 [0.09] 0.53
ケース 4T-2		支線①を海岸 沿いの道路空 間に地平	うるま・パイプ +支線①②③	6,000 [▲17%] *7,200	11.3 [▲1%] 11.4	0.49 [0.03] 0.46

※1 最新技術の採用によるコスト削減は全ケースにおいて採用。

※2 上段は平成 25 年度検討の値、[]内は過年度調査との変化率、B/Cは差分。下段は過年度調査の値（概算事業費に*のあるものは平成 23 年度調査値、無印は平成 24 年度調査値）。

【鉄道】コスト削減方策の組み合わせ検討

検討ケース	コスト削減方策	ルート	概算事業費 【億円】	需要予測値 (平成 42 年度) 【万人/日】	B/C (50 年間)
ケース 1R-1 +ケース 1R-3 +ケース 1R-5	<ul style="list-style-type: none"> 最新技術の採用 部分単線 小型システム(スマート・リアトロ) 名護付近の構造変更 	うるま・パイプ	6,000 [▲20%]	10.2 [16%]	0.58 [0.14]
ケース 7R-1 +ケース 7R-2 +ケース 7R-4	<ul style="list-style-type: none"> 最新技術の採用 部分単線 小型システム(スマート・リアトロ) 名護付近の構造変更 	うるま・58号	5,100 [▲32%]	8.8 [0%]	0.48 [0.04]
平成 24 年度 調査ケース 1R-1	<ul style="list-style-type: none"> 部分単線 	うるま・パイプ	7,500	8.8	0.44
ケース 1R-3 +ケース 1R-5 +ケース 5R	<ul style="list-style-type: none"> 最新技術の採用 小型システム(スマート・リアトロ) 名護付近の構造変更 空港接続線ルートの構造変更 	うるま・330号 空港接続ルート①	6,900 [▲14%]	11.2 [24%]	0.52 [0.09]
ケース 7R +ケース 7R-2 +ケース 7R-3 +ケース 7R-4	<ul style="list-style-type: none"> 最新技術の採用 那覇～普天間間のルート変更 小型システム(スマート・リアトロ) 空港接続線ルートの構造変更 名護付近の構造変更 	うるま・58号 空港接続ルート②	5,900 [▲26%]	10.8 [20%]	0.49 [0.06]
平成 24 年度 調査ケース 5R-1	<ul style="list-style-type: none"> 部分単線 	うるま・パイプ 空港接続(西消防署通りルート)	8,000	9.0	0.43

※ 上段は平成 25 年度検討の値。[]内は平成 24 年度調査との変化率、B/Cは差分。

【トラムトレイン】コスト削減方策の組み合わせ検討

検討ケース	コスト削減方策	ルート	概算事業費 【億円】	需要予測値 (平成 42 年度) 【万人/日】	B/C (50 年間)
ケース 1T-1-1	<ul style="list-style-type: none"> 最新技術の採用 単線区間の拡大 	うるま・パイプ	3,500 [▲24%]	7.9 [▲1%]	0.72 [0.13]
ケース 7T-1-1	<ul style="list-style-type: none"> 最新技術の採用 那覇～普天間間のルート変更 単線区間の拡大 	うるま・58号	2,900 [▲37%]	7.9 [▲1%]	0.83 [0.24]
平成 24 年度 調査ケース 1T-1	<ul style="list-style-type: none"> 部分単線 	うるま・パイプ	4,600	8.0	0.59
ケース 7T +ケース 7T-2	<ul style="list-style-type: none"> 最新技術の採用 那覇～普天間間のルート変更 空港接続線ルートの構造変更 	うるま・58号 空港接続ルート③	4,300 [▲12%]	8.1 [0%]	0.62 [0.06]
平成 24 年度 調査ケース 5T-1	<ul style="list-style-type: none"> 部分単線 	うるま・パイプ 空港接続(西消防署通りルート)	4,900	8.1	0.56

※ 上段は平成 25 年度検討の値。[]内は平成 24 年度調査との変化率、B/Cは差分。

最新技術の採用「SENS工法」について

1. 工法の概要

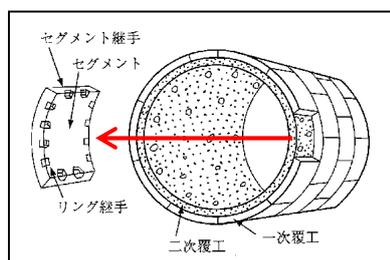
本検討で採用した最新技術の「SENS工法」は、シールド工法^{注)}の改良タイプであり、建設コストを削減することができる。

都市部や軟弱地盤で地下トンネルを構築する場合、安全性と施工性に優れたシールド工法を採用することが多いが、建設コストが割高になるという短所がある。

コスト高の主な要因は、トンネル空間の地盤の安定を保つためにセグメント（既製鉄筋コンクリート）を用いることである。セグメントは工場製作品であるため、材料費以外に工場製作費（人件費＋工場管理経費）と運搬費が必要となる。

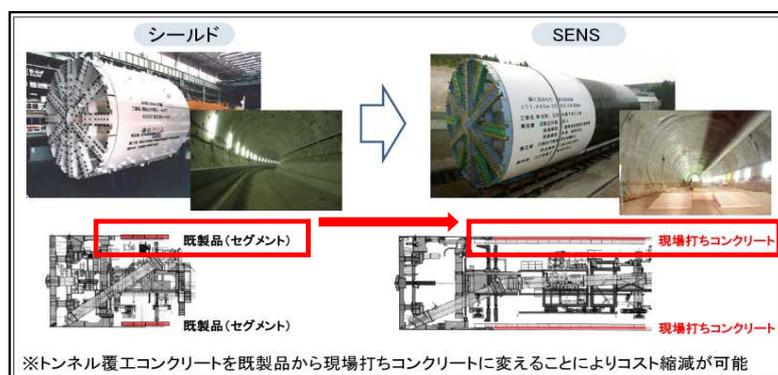
「SENS工法」では、セグメントの代わりに、現場打ちコンクリート（全ての作業工程を現地で施工）を用いるため、工場製作費（人件費＋工場管理経費）と運搬費が削減され、建設コストが削減される。

注) シールド工法：地下トンネル構築工法の一つで、鋼製の掘削機械（シールドマシン）により地中を掘削すると同時に、掘削機械の後方でセグメントを設置することにより地盤の安定を保ち、トンネルを構築する。



出典：「シールド工法」地盤工学会

図 シールド工法のセグメント



出典：鉄道建設・運輸施設整備支援機構のホームページ

図 シールド工法とSENS工法の比較

2. 工法の実績

- ・SENS工法の施工実績として、以下の2件の工事が完了している。

「東北新幹線 三本木原トンネル工事」

「北海道新幹線 津軽蓬田トンネル工事」

- ・「相鉄・JR直通線 西谷トンネル工事」は現在施工中で、都市部で初めて採用された事例である。