

旧佐敷隧道と旧津奈木隧道の現況調査と今後の土木遺産としての利用促進に関する考察*

Investigation of the Old Sashiki Tunnel and the Old Tsunagi Tunnel
and Consideration for the Promotion of Use as Civil Engineering Heritage

二宮 公紀**, 浅井 利行***, 上田 省吾****, 山尾 敏孝*****

By Kohki NINOMIYA, Toshiyuki ASAI, Syogo UEDA and Toshitaka YAMAOKA

熊本県の海岸沿いの鹿児島街道に残された旧佐敷隧道と旧津奈木隧道は、それぞれ道路トンネルとして1905年(明治38)と1903年(明治36)に完成したもので、土木遺産としてランクAで登録され、国登録の有形文化財にも指定されている。これらは築造以来約100年が経過し、痛みが広がってきている。本論では、旧津奈木隧道の外面的損傷に関する調査と旧佐敷隧道の地下レーダ探査や削孔を含むより詳細な調査について述べ、修復保存のための課題を考察するとともに、今後の活用についてウォーキング・トレイル事業についての検討を行うものである。

1. はじめに

日本が近代国家の幕開けとして、鎖国状態から脱して、国際舞台に登場したのは1860年代後半である。

このころヨーロッパでは産業革命を経て、交通網が整備され、近代化が着実に進展していた。運河や道路の整備に伴ってトンネルも多く造られるようになった。当初は運河用のトンネルが造られ、後に陸上トンネルに広がって行った。陸上トンネルとしては、英国では1830年に鉄道トンネルとしてウォーキング・トンネルが開通し、蒸気機関車が運行された。これ以前にも1826年にはフランスのロアンヌ・アンドレズー間のテールノールに始めての馬車鉄道のためのトンネルが開通している[1],[2],[4]。

道路トンネルとしては、初めてシールド工法(ブルネル1818年発明)を使用したテムズ河底トンネル(459m)が有名で、1825年に着工し、1842年には歩行者が利用していた。このトンネルで用いられたシールドは現在一般的に見られる丸型ではなく角型で煉瓦を畳築して覆工してあった[1],[3]。これらヨーロッパのトンネルと比較すると日本の近代的な煉瓦トンネルは50年ほど遅れて造られるようになったと言える。土木遺産として現存している最古の煉瓦トンネルは逢坂山鉄道トンネルで、1880年(明治13)に完成している。全長は、664.8m、幅3.05mである。本論で取り上げる旧佐敷隧道と旧津奈木隧道は、それぞれ道路トンネルとして1905年(明治38)と1903年(明治36)に完

成したもので、土木遺産としてそれぞれランクAとBで登録されている[1]。これらは築造以来約100年が経過し、痛みが広がってきている。本論では、これらの調査について述べるとともに、今後の活用についての検討を行ったものである。

2. 旧佐敷隧道と旧津奈木隧道

2.1 旧佐敷隧道と旧津奈木隧道の概観

九州の西海岸沿いに国道3号線が南北に延びている。この国道に絡むように、今はほとんど使われない鹿児島街道が通っている。その一部に旧佐敷隧道と旧津奈木隧道が位置している(図-1)。

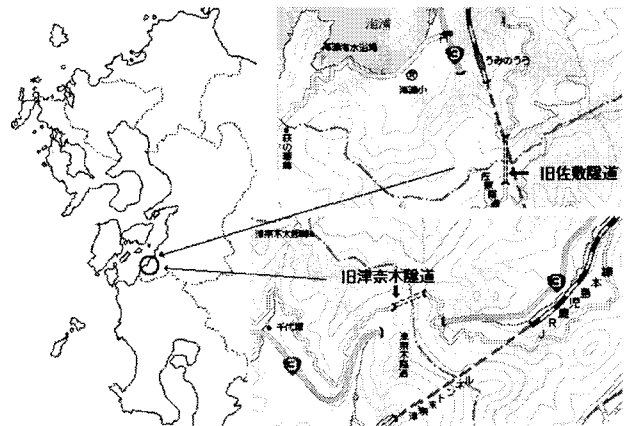


図-1 旧佐敷隧道と旧津奈木隧道の位置

(Fig.1 Position of the Old Sashiki Tunnel and the Old Tsunagi Tunnel)

*keyword: 隧道、現況調査、ウォーキング・トレイル事業

正会員 工博 鹿児島大学助教授工学部情報工学科 * 応用地質(株) ****正会員 (株)鴻池組 *****正会員 工博 熊本大学教授工学部環境システム工学科

(〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40)

旧佐敷隧道は、南の芦北町と田浦町の町境に位置した全長 433.5m、幅 5.5mの南北に延びたポータル部分に石材が使用された煉瓦トンネルである。(写真 1)。参考文献[6]には、

「坑口左右には、石ピラスターと帯石、又煉瓦ポータルが施工されている。煉瓦の積み方は、フランス積を採用。隧道内部のアーチ部は、煉瓦の長手積、側壁部は、イギリス積を採用」

という記述が見られる(積み方は、図-2 参照)。使用されている煉瓦のサイズは、およそ 22×5×11cm (一般的なものよりやや細長め) である。

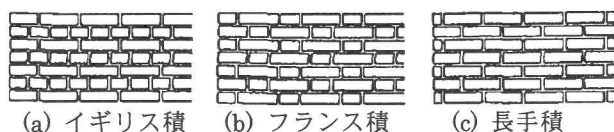


図-2 トンネル覆工に用いられる煉瓦積み形式 (Fig.2 Stacked Form of Brick Used in a Tunnel)

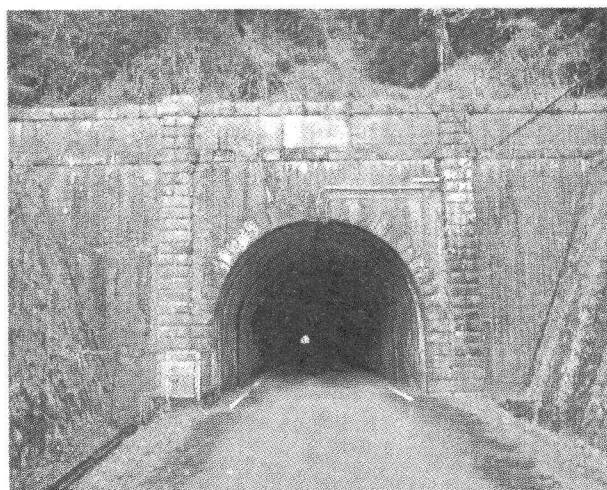


写真 1 旧佐敷隧道南口 (撮影: 二宮、2004)
(Photo.1 Southern Entrance of the Old Sashiki)

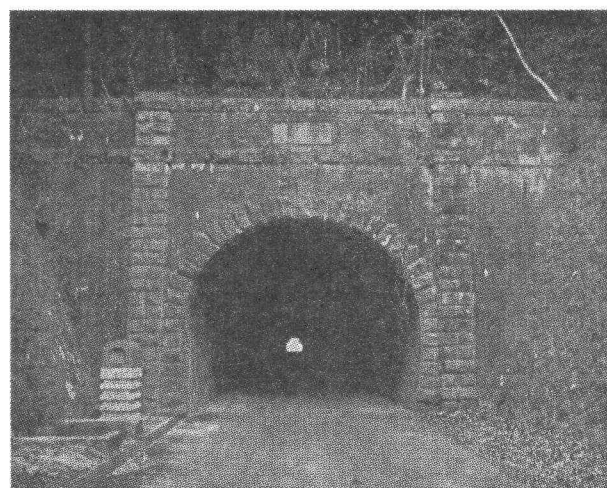


写真 2 旧津奈木隧道南口 (撮影: 二宮、2004)
(Photo.2 Southern Entrance of the Old Tsunagi)

旧津奈木隧道は全長 211.6m、幅 5mの規模で、旧佐敷隧道の南 7.5km に位置している。このトンネルも旧佐敷隧道と同じように石のポータルを持った煉瓦造りのトンネルである(写真 2)。煉瓦の積み方は、アーチ部と側壁部は旧佐敷隧道と同じ長手積とイギリス積であるが、ポータル部分はフランス積でなく、イギリス積となっている。煉瓦の大きさは旧佐敷隧道とほぼ同じであるが、色に関しては若干赤みが強くなっている。

両トンネルとも 2002年 5月に国登録の有形文化財に指定された(写真 2 には、その銘板が写っている。現在は両トンネルの両方の坑口とも銘板が設置されている)。これらは造られてから約 100 年経て、複数の箇所で見られる。煉瓦部分に亀裂が入っているし、その部分から水漏れが生じている箇所もある(写真 3、4)。

2.2 旧津奈木隧道の外表面調査

旧津奈木隧道の外表面的損傷に関する調査では、天井

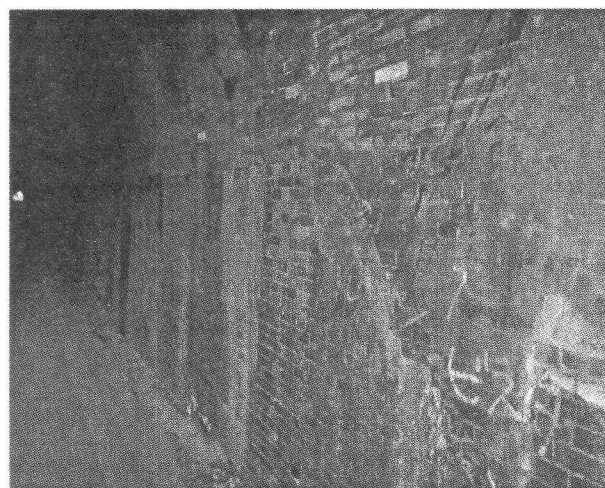


写真 3 旧佐敷隧道側壁の亀裂 (撮影: 二宮、2004)
(Photo.3 Crack of the Side Wall of the Old Sashiki Tunnel)



写真 4 旧津奈木隧道天井部の水漏れ (撮影: 二宮、2004)
(Photo.4 Leak of the Ceiling Section of the Old Tsunagi Tunnel)

部分からの漏水箇所が数箇所確認された。場所としては、芦北町側の坑口から 10、100、150、190mの地点の漏水が大きく、そのうちの 1 つから (190m地点) は、水滴が落ちており、その量は 1 秒間に 1 個強の頻度であった。側壁の小さなものまでも考慮に入れると 20 数箇所までにじみが観察された。

表面の傷みとしては 2~4m の長さで、幅 2~3mm のサイズのクラックが両坑口側の側壁に数本ずつ見られた。また、芦北町側の坑口からおよそ 5m 地点ではアーチ部にも幅 5mm 程度のクラックが発生していた。

以前に行ったと思われるモルタルを吹き付けることによる補修の形跡が見られるが、そのモルタルはいたるところで剥げ落ちているが、残っている部分もポロポロになっており、手で触ると簡単に落ちてしまうぐらいの風化をしている。

全体的に見ると両坑口から 10m 程度くらいまでの側壁部の傷みがひどい状態である。特に芦北町側の坑口の両側壁部とアーチ部に大きいクラックが入っているし、天井からの漏水もあるなど痛みの進行が推測される。ポータル部分においては外面的な損傷を見つけることは困難であった。

2.3 旧佐敷隧道と旧津奈木隧道の関係

旧佐敷隧道と旧津奈木隧道は兄弟のようなトンネルである。側壁部とアーチ部の煉瓦の積み方やその大きさは全く同じと言ってよいし、ポータル部分の形状・意匠も、その部分の煉瓦の積み方やその大きさもそっくりである。異なる点は旧佐敷隧道の方が、幅も長さも 1 回り大きい (長さはほぼ 2 倍、幅は 1.1 倍) ことである。

両トンネルの完成年をみると、旧津奈木隧道が旧佐敷隧道より 2 年早い。両者が立地している距離は直線で 7.5km 程度である。旧佐敷隧道の築造においては旧津奈木隧道で活躍した石工等の関与があったであろうし、技術的側面から見ても随時参考できる環境があったと思われる。

技術に加えて意匠にも気を配って造られたのではないかということも推測できる。これは、旧佐敷隧道のポータル部分の煉瓦の積み方や目地の幅の不揃いさが少なく整然と並んでいる点からも伺える。時間的にも精神的にも経験を積んでいるという余裕が感じられる造りとなっている。

3. 旧佐敷隧道の詳細現況調査

旧佐敷隧道の現況および変状状況の調査は、熊本県芦北町役場(建設課)により、平成 13 年 11 月~平成 14 年 3 月に実施された。

その調査内容は表-1 の通りで、以下に報告書[7]を基に調査結果の概要を述べる。

表-1 調査内容一覧

(Table.1 Contents List of Investigation)

内 容	単 位	数 量	備 考
既往資料調査	式	1	
覆工観察調査	m	432.8	トンネル延長
地下レーダ探査	m	1298.4	432.8m×3 測線
ボーリング調査	m	6	1 m×6 ケ所
覆工背面確認調査	箇所	6	

3.1 地下レーダ探査

旧佐敷隧道の調査に当たって側壁部亀裂から漏水が見られることから、覆工背面には空洞の存在が十分に推定された。また覆工厚が薄い箇所の存在も考えられた。そのため覆工厚さおよび空洞厚さを把握する目的で地下レーダ探査を行った。

地下レーダの探査測線は、面的な情報を得るためアーチ部にトンネル軸方向に 3 つの測線を配置した。測線名は起点側(芦北町側)からみて、左側から 1、2、3 測線とした。測線配置は図-3 に示されるように 1 測線と 2 測線は 1.2m 離れ、2 測線と 3 測線は 1.5m 離れている。また 2 測線はアーチ部天井から 0.3m ずれた位置に設定されている。

起点側から 65~85m の地点の 1 測線に対する測定した結果の例を図-4 に示す。

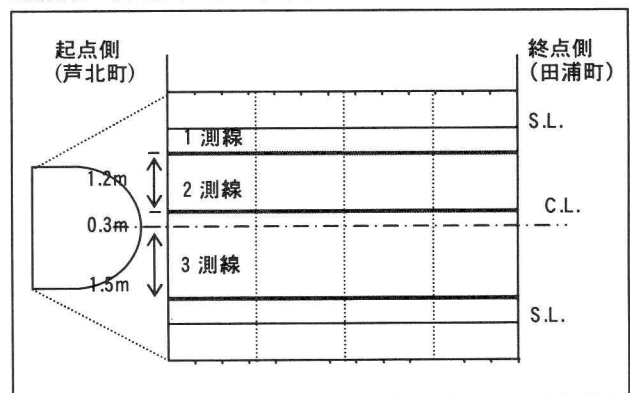


図-3 地下レーダ探査測線配置

(Fig.3 Arrangement of Measurement Lines Used Underground Radar)

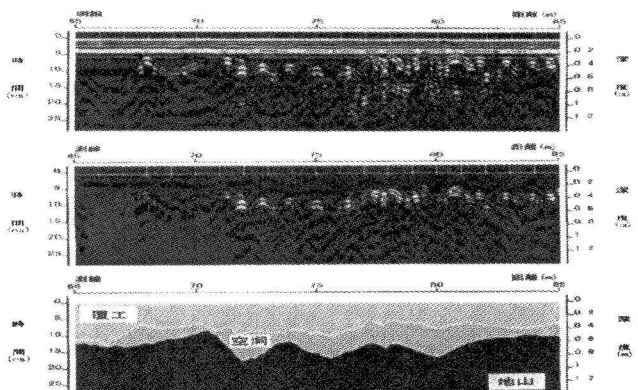


図-4 測定記録例

(Fig.4 Example of Measurement Record)

地下レーダ探査によって推定された各測線の覆工厚、空洞状況の特徴は、以下の通りである。

- ・地下レーダでの異常な反射波と覆工表面の変状は比較的一致しており、起点側坑口（芦北側）から 140m 区間は、異常な反射波がみられ、空洞も 10cm 程度のもので推定されている。
- ・明瞭な反射波のみられない 140～160m 区間および 260～280m 程度は、空洞もみられず、覆工表面にも変状はあまりみられない。

3.2 覆工スケッチ観察

もう1つの調査として覆工面のスケッチ観察を行った結果として、以下の事項が判明している。

- ・両ポータルともに顕著なクラックや漏水はみられない。ポータル部分は石材であるため 100 年程度の使用では全く問題が無いということを示していると思われる。
- ・両坑口部のアーチから側壁部に斜めクラックが数箇所で見られる。クラックは漆喰目地に沿って入っている。このことから煉瓦自体の強度よりも目地の強度が小さいためと思われる。

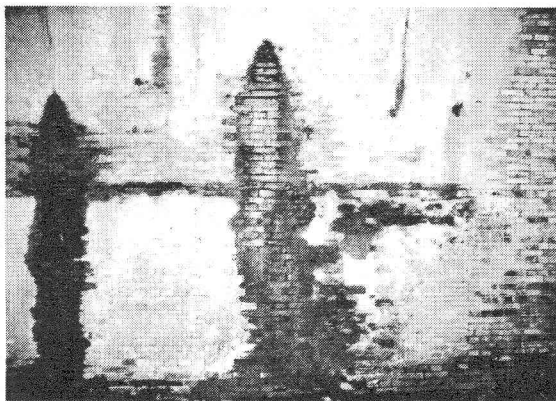


写真5 覆工面の漏水状況(起点側 26m 付近)
(撮影：浅井、2002)
(Photo.5 Leakage of Water Situation of the Arch Section)

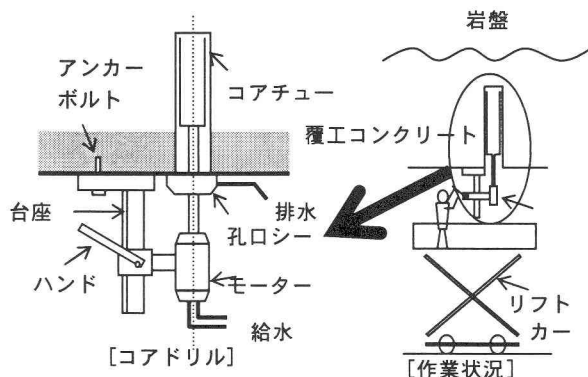


図-5 作業状況とコアドリル
(Fig.5 Work Situation and Core Drill)

・トンネル全線に漏水（滲み出し～滴水程度）がみられ（15ヶ所程度観測できる）、漏水処理として、吹付けモルタル（内部にホースによる導水）が施されている。目地材は溶出し、凹凸が激しい。（写真5参照）この方式による漏水処理は、旧佐敷隧道を土木遺産として維持してゆくには不適な手法といえる。

・漏水の多い区間は、起点側坑口（芦北町側）から 125m 区間、240～260m 区間、315～終点側坑口（田浦町側）である。漏水により目地材が溶出している。これは、旧佐敷隧道の長さにして 60% のどこかの部分で傷みが表面に現れていることを示している。

3.3 覆工削孔調査

地下レーダによる探査において岩盤と覆工部分との間に空隙があると判断された。そこで、覆工削孔ボーリングを行い、トンネル覆工コンクリートの巻厚、劣化状況、覆工背面の空洞状況等を直接確認し、地下レーダ探査結果の検証および解析精度の向上を図った。

覆工削孔には、図5に示されるようなコアドリルを用いた。削孔場所は、起点側（芦北町）の坑口から 10、110、210、270、345、410m の 6ヶ所（それぞれ A～F 点）で、全てが天端より進行方向左側に 0.3m の地点である。起点側坑口より 10m、天端より 0.3m 左側の地点のコア写真を写真6に示す。この地点は、煉瓦の積層数は4枚で、48cm の空洞が見られた。覆工削孔調査結果の一覧を表-2に示す。

表-2 覆工削孔結果一覧
(Table.2 Drilling Result List)

地点	覆工厚 (cm)	煉瓦層数 (枚)	空洞 (cm)	地山状況
A	50	4	48	風化砂岩、短棒状コア
B	48	4	13	砂岩、短棒状コア
C	35	3	0	砂岩、チャート角礫状コア
D	47	4	0	土砂状コア
E	49	4	10	砂岩、棒状コア
F	47	4	12	土砂状コア

削孔の結果より、6ヶ所中5ヶ所において、煉瓦の積層数は4枚であり 50cm 程度の覆工厚であった。岩永三五郎によって作られた鹿児島島の甲突川に架かっていた西田橋などアーチ輪石が二重になっており、技術的に高いものが要求されたとの指摘があったが、旧佐

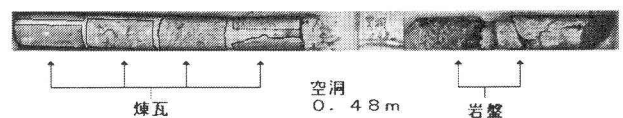


写真-6 A点で得られたコア
(Photo.6 Core Obtained at Point A)

敷隧道は、煉瓦層数が3~4である。造り方も材料も全く違うので、石橋と比べることはできないが、幾重にも煉瓦が積まれていたということは、興味深い削孔調査結果となった。

空洞は4ヶ所で確認された。このことは地下レーダによる空洞の存在を裏付けるものであった。空洞は最大で48cmとなっており、トンネル中央部より、両坑口付近に行くにつれ空洞が大きくなってゆく傾向がみられた。トンネル幅が5.5mで、半径が2.75mであることを考えると異常に大きな空洞が存在している。掘削技術が現在より稚拙で緻密な掘削ができなかったとしても、大きすぎる値を示したと思われる。この空洞がトンネル完成後の漏水等によってできたとすれば、早急の対策を施す必要があるかもしれない。B、C、D地点では、目地材の流出がみられた点もトンネルの老朽化が進んでいることを伺わせる。

つぎに削孔した孔にボアホールスコープ（孔内カメラ）を用い、クラックの連続性、空洞の状態や崩落物の確認を含めてトンネル覆工背面の状況を目視で観察した。これらにより、以下のことが判明した。

- ・レンガの目地材は、表面は比較的充填されているが、孔奥にいくにしたがって空隙のある箇所がみられる。
- ・空洞は起点側坑口（芦北町側）から10mの箇所では48cmのものがみられるが、その他の空洞は10cm程度のものであり、大きな広がりは見られない。

4. 旧佐敷隧道、旧津奈木隧道の活用のための検討

国が推進している政策で「ウォーキング・トレイル事業」というものがある[5]。

ウォーキング・トレイル事業は、「歩いて楽しい道づくり」を目指し、建設省（現国土交通省）が平成8年度から始めた事業である。緑豊かな景観・自然、歴史的な事物、文化的な施設等を結ぶことによって、訪れた人々が快適に散策等を楽しめる地域を作る目的を有している。すでに全国で44件のウォーキング・トレイル事業が実施されている。

参考文献[5]によると、ウォーキング・トレイルには、以下の10項目にわたる視点が求められている。

- ① 安全、② 安心、③ 景観、④ 快適、⑤ 探索
- ⑥ 健康、⑦ 福祉、⑧ 交流、⑨ 案内、⑩ 地場

これらは、対象となる素材そのものが有していなければならぬ条件と素材そのものに付加価値をつけてゆくことにより達成される条件に分類することもできる。安全、景観、探索などは素材そのものが有していなければならぬし、交流や案内などは付加価値を向上させてゆくことができる項目になる。

旧佐敷、旧津奈木隧道をウォーキング・トレイル事業の対象とし、それぞれ佐敷、津奈木ルートとして地域の活性化に役立たせるために上記の10項目に対して

整理すると、つぎの対策が必要となると思われる。

- ①安全：事故と危険箇所に対する対策が要求されているが、台風のような大雨を伴う災害に対して万全の備えがない。またこのようなときの安全基準（または、利用基準）の作成も必要となる。
- ②安心：ルートの明快性と救急体制の要求であるが、1本道であるため道には迷わないと思われる。この点は安心感がある。救急体制としては、例えば津奈木町中心地から旧津奈木隧道までおよそ7kmである。旧佐敷隧道に関しても同程度の距離である。救急車で10分程度の距離と見てよいであろう。携帯の電波は届くためこれを連絡に使用することができる。
- ③景観：鬱蒼とした木立の中を歩くかと思えば、展望が開け、東シナ海が見渡せるなど景色の変化がある。景観に優れた場所である。
- ④快適：だらだらとした上り下りが続く。どちらともゆっくり1.5~2時間ほどかけて歩くと隧道に至る。各隧道の近くにベンチや休憩所など、くつろげる場所の確保が必要となる。
- ⑤探索：両トンネルとも通過中に手をたたくと、日光東照宮でも有名な泣き龍現象が起こる。ここに来て初めて体験できる現象で、誌上ではできない。ウォーキング・トレイル事業対象素材そのものが有していなければならぬ条件の代表と思われる。
- ⑥健康：佐敷、津奈木コースは、それぞれ主要幹線である国道3号線を分岐点とすると約8.5km、7.5kmの散歩道となる。足に自身ない人でも半日かけてゆっくり歩くには適度な距離といえる。
- ⑦福祉：身障者、高齢者の利用に配慮したコースの要求であるが、佐敷コースは1本道であるためショートカットするような新たなルートを確認する工事が必要となると相当な改良工事が生じる。一方、津奈木ルートは国道3号線から500mで辿り着けるショートカットが存在している。この道も車の通行が可能であるため、身障者や高齢者のためのコースの整備ができやすいと思われる。ただし、両コースとも勾配が急な部分はほとんどないため、高齢者でも歩くことは可能と思われる。
- ⑧交流：佐敷ルートでは交流施設の建設が必要であるが、津奈木ルートの場合、分岐点から3.5kmのところ、美術館、物産館、温泉、JRの駅がある。
- ⑨案内：コースを熟知したガイドの派遣、地図の準備などに対する要求であるが、ウォーキング・トレイル授業に申請するためには、作成が必要である。両トンネルに関係のある町役場にも協力依頼の必要がある。
- ⑩地場：地域の素材を生かすことができるかの項目であるが、両トンネルとも参考文献[1]でランクAに指定されている。先述されているように、国登録の

有形文化財でもある。規模、意匠ともに行ってみる価値のあるものである。歩くことによる健康と土木遺産に触れること、これらはこの地の素材といえる。ただし、両隧道とも3章で示したように老朽対策が必要である。さらに近くの白岩湧水源による水の販売、これを使用した物産品の創作などこの地の素材を活かした名物の作成が必要となろう。

①～⑩の項目ほとんどに対して何がしかの対策が必要となると思われるが、まず必要なことは、トンネルそのものの維持・保存対策であることは明白である。落書きの消去やモルタル部分の撤去、風化した煉瓦の取替えなど、文化財として活用してゆくための作業は多い。

5. 修復保存の課題とまとめ

幕末期から明治時代にかけて日本に導入された西洋の組積式建築技術は、火事に対しては強いと言う長所があるのに対して、地震に対して弱いと言う短所があった。参考文献[1]のデータによると、昭和初期までは造られていたようであるが、西洋には無いこの悪条件のため、煉瓦トンネルが短期間の内にコンクリートトンネルに移行してしまうことになったと言われている。

明治期の20数個という数少ない道路煉瓦トンネルを後世に残す意義を明確にしておく必要があることは確かであるし、個々の対策として種々の特性を踏まえた保存のあり方を検討しなければならない。

旧佐敷隧道や旧津奈木隧道の場合、三太郎峠の自然と歴史、土木技術上の位置付けや特徴を明らかにした上で、修復保存に取り組む必要がある。そのためには、トンネル建造物の現状、寸法、品質を正確に把握するとともに、完成後の変状の進行度を調べておくことが重要である。特に品質に関しては、煉瓦積みの場合、煉瓦と目地（材料としては漆喰）の異なった材料から構成されていることを考慮して修復保存を検討することが肝要である。

さらに、旧佐敷隧道の特徴としてトンネル内に湧出する地下水が多いことから、その湧出メカニズムを把握して的確に処理しなければならないという難問も抱えている。

本論では地下レーダによる調査について述べたが、この探査方法は、削孔調査との比較によってその有効性が確かめられた。地下レーダを使用することによって遺産そのものを傷つけることなく実態を把握できると思われるため、今後もトンネルのような建造物の調査に活用してゆくことは有効な手法と思われる。

謝辞

芦北町町役場から、「平成13年度旧佐敷トンネル変状調査設計業務委託報告書」を本論文に使用すること

を快諾していただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] JSCE：日本の近代土木遺産－現存する重要な土木構造物2000選, JSCE, 342P., 2001
- [2] JSCE：ヨーロッパのインフラストラクチャー, JSCE, 423P., 1997
- [3] B.H.M. Hewett, S.Johannesson：Shield and Compressed Air Tunneling, McGraw Hill, 1922
- [4] P. Beaver：A History of Tunnels, Peter Davies Ltd., 1972
- [5] <http://www.mlit.go.jp/road/road/yusen/wtrail/index.html>
- [6] <http://www.qsr.mlit.go.jp/n-isan/sasiki.html>
- [7] 芦北町：平成13年度旧佐敷トンネル変状調査設計業務委託報告書, 2002