2. 発表論文等

この章に掲載した論文等は各団体から転載の許可を得て掲載しております。

なお、著作権は各団体に帰属するため、転載を禁じます。

2.1 論文・技術報告等

1）地域の価値向上と活性化に資する道路緑化手法の提案 39
2）6 年間保存したコナラ林表土の埋土種子組成 41
3）オランダ人土木技師 Mulder の設計理念
—オランダで発見した新史料を中心として— 47
4）道路空間再編のデザイン手法に関する検討 53
5）明治・大正期の電気軌道敷設と都市基盤形成
−1900-1920 年開業の地方 16 都市を対象として− 55

地域の価値向上と活性化に資する道路緑化手法の提案

国土交通省　国土技術政策総合研究所　社会資本マネジメント研究センター　○飯塚康雄
同　舟久保敏

１．はじめに

道路緑化においては、道路空間との適合性や植栽後の維持管理水準の設定が不適切と考えられる事例が見られ、植物の経年的な成長とともに道路利用者の見通し阻害や通行障害等が発生している。また、これらの問題への対応においては、街路樹の強剪定が行われることも多く、樹勢低下や樹木本来の美しさの損失など発揮すべき緑化機能が低下していることが大きな問題となっている。このような状況を踏まえ、平成 27 年 3 月 31 日に改定された道路緑化技術基準においては、道路緑化について道路交通機能の確保を前提として、緑化機能を総合的に発揮できる質の高い緑化を行うことにより道路空間や地域の価値向上を図ることが示された。そのため、道路緑化により価値向上を図る際の目的や目標設定、さらにはその手段や配慮事項等について、現場技術者やステークホルダーにも理解しやすい手法をとりまとめることが求められている。

本稿では、地域の自然環境、歴史・文化、産業、土地利用等の特性を活かした道路緑化事例を調査した結果から、地域の価値向上と活性化に資する道路緑化手法について述べる。

２．調査方法

調査は、全国の道路緑化事例から（1）既存街路樹の機能回復による価値向上、（2）新たな付加機能による価値創出に着目して、アンケートやヒアリング等により道路緑化デザインや特徴等を把握し、地域の価値向上と活性化に資する道路緑化手法について検討を行った。

３．調査結果

３.１　既存街路樹の機能回復による価値向上の事例

既存の街路樹に発生した機能低下の問題に対して、機能回復を目的として実施された再生事例の調査結果を基に、価値向上が確認できる事例を以下の 5 区分に分類し、特徴を整理した（図-1）。

1）観向上機能の回復

生育不良や樹勢低下により葉の矮小化や着花数の減少、枝葉の枯損等が発生している樹木に対して、植栽基盤改良や病虫害防除等の樹勢回復を施すことで、景観向上機能を回復させる。

2）生活環境保全機能の回復

大径木化、過密化により道路空間内への日照不良や日常生活での利用施設との競合が発生している樹木に対して、除伐や樹冠の剪定により道路空間内での緑量のバランスを図ることで、良好な生活環境を確保する。

3）通安全機能の回復

樹体腐朽による倒伏危険性の高まりや根上り（舗装等の浮き上がり）による通行障害が発生している樹木に対して、若木への更新等により安全な通行を確保する。

4）緑陰形成機能の回復

生育不良による枝葉の枯損や強剪定による樹冠の縮小で緑陰が減少している樹木に対して、樹勢回復や剪定方法の改善を行うことで適正な樹冠形状に復元させる。

5）防災機能の回復

1）～4）の緑化機能を回復させることで、火災発生時の延焼防止や安全な避難路確保などによる防災機能を強化する。

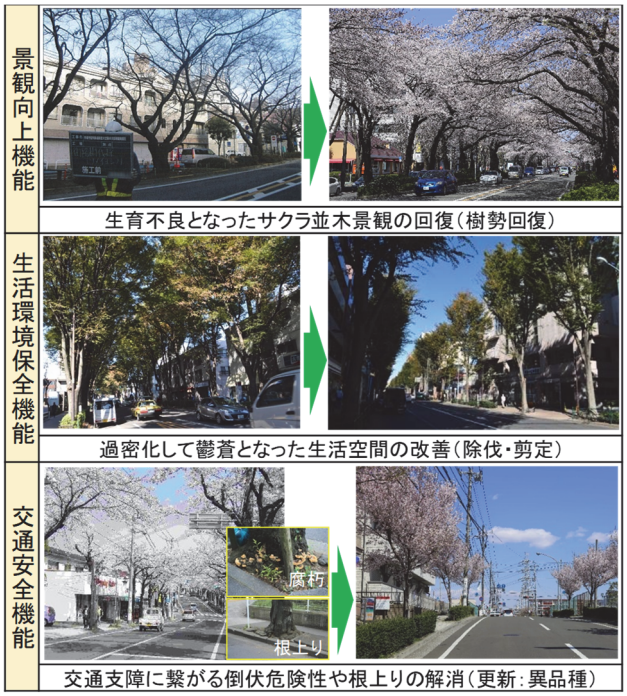


図-1　機能回復による価値向上の主な事例

3.2　新たな付加機能による価値創出の事例

先進的な道路緑化の事例結果を基に、地域特性を創出するための主な活用目的を以下の 6 区分に分類し、特徴を整理した（図-2）。

1）シンボル

都市のメインストリートにおいて街路樹が主体となり、道路の連続性や整然とした街並み、隣接する商業施設などとの一体感を形成する。

2）季節感

樹木が持つ季節的な変化（新緑、開花、緑陰、紅葉、果実、樹姿）や、雪吊りやイルミネーションといった装飾により、四季の景観を演出する。

3）文化・イベント

地域に根付いた文化や地域色あるイベントに配慮した樹種の活用や植栽配置等により、地域活動との連携を図る。

4）歴史性

地域の歴史にはぐくまれた樹木を活用することにより、地域景観との調和を図る。

5）地域特産物

地域で生産されている特産果実で道路を装飾することにより、地域の産業をアピールするとともに、観光地としての演出を図る。

6）グリーンインフラ

街路樹としての一般的な機能と併せ、緑地における雨水貯留・浸透や延焼防止などの防災、花壇づくりを通じた地域活性化などの多機能性を発揮させる。

図-2　新たな付加機能による価値創出の事例

3.3　地域の価値向上と活性化に資する道路緑化手法の提案

基本的な考え方を図-3 に示す。道路緑化により地域の価値向上と活性化を図るためには、既存の街路樹が担ってきた緑化機能や地域の社会変化及び土地利用変化等の現況を的確に把握した上で、道路緑化に対する将来の予測を含めた適正な評価を行う必要がある。その評価を踏まえ、既存樹木に機能低下が見られる場合には機能回復の対策を講じながら、新たな付加機能による価値向上が求められる状況が整っている場合に、地域特性に適合する植栽デザインや整備後の継続的な維持管理について、住民との協働や企業との連携を図りつつ検討することが重要である。さらに、地域におけるまちづくり計画等との連携を図ることも大切である。

地域の価値向上と活性化に資する道路緑化	目標		目的	主な手段
	街路樹づくり	現状の機能回復	・景観向上 ・生活環境保全 ・緑陰形成 ・交通安全 ・防災	・適切な維持管理 剪定、植栽基盤改良、樹勢回復、樹体保護、病虫害防除、除伐 ・回復不能な樹木の更新 同樹種や異樹種による再植栽、移植
	街路樹づくり	新たな価値創出	・シンボル ・季節感 ・文化、イベント ・歴史性 ・地域特産物 ・グリーンインフラ	・既存樹木を活用 イベント：イルミネーション 季節感：雪吊り、コモ巻き ・新規に植栽 シンボル、歴史性：まちの代表樹種 季節感、地域特産物：花木、生産果樹 グリーンインフラ：目的に適合した樹種
	連携	配慮事項	・現状把握：樹木健全度、都市全体の緑地からみた位置づけ、社会変化（人口動向）、土地利用変化 ・まちづくりに寄与する植栽デザイン、維持管理 ・住民との協働、企業との連携	
	まちづくり	地域振興 地域住民	・愛着や誇り ・活性化、防災 等	・保存樹等の指定、教育、広報 ・イベント開催、組織体制構築
	まちづくり	観光振興 来訪者	・観光、体験、交流 ・特産物購入　等	・イベントや交流会等の開催 ・ブランド化、広報（マスコミ）

図-3　地域の価値向上と活性化に資する道路緑化の考え方

4．おわりに

地域の価値向上については、持続的な効果発現と経年的な醸成が求められるため、今後の追跡調査による検証が重要である。最後になりますが本調査にご協力頂きました道路管理者の方々に感謝の意を表します。

日本緑化工学会
日本緑化工学会誌（2019）45（2）：293-298

日緑工誌，J. Jpn. Soc. Reveget. Tech., 45(2), 293–298,（2019）

論　文　*ORIGINAL ARTICLE*

6 年間保存したコナラ林表土の埋土種子組成

大貫真樹子[1)]・飯塚康雄[2)]・久保満佐子[*3)]・細木大輔[4)]・松江正彦[5)]

1）日本植生株式会社　NISSHOKU Co.
2）国土交通省　国土技術政策総合研究所　National Ins. for Land and Infrastructure Management, MLIT.
3）島根大学　生物資源科学部　Fac. of Life and Environmental Science, Shimane Univ.
4）新日本設計株式会社　Shin-nihon sekkei Inc.
5）一般財団法人　全国建設研修センター　Japan Construction Training Center

摘要：森林表土の保存期間が埋土種子組成に及ぼす影響を明らかにするため，ブルーシートで被覆した盛土に 6 年保存したコナラ林の表土の埋土種子組成を実生出現法により調べた。その結果，本表土の埋土種子は 1 L 当たり 131.4 個 52.7 種が確認され，木本のヒサカキやヌルデ，アカメガシワ，多年生草本のセイタカアワダチソウやコケオトギリ，一年生草本のハハコグサやヒナガヤツリなど，これまでコナラ林の埋土種子として一般に報告されている種が多く含まれていた。本調査で利用した表土と同様の表土を未保存および 1 年保存した埋土種子組成と比較すると，未保存で種子数が上位に含まれ，1 年保存で種子数が大きく減少していた木本のハンノキや一年生草本のハルジオンなどが 6 年保存では全く確認されなかった。 種によって種子の休眠年数は異なるため，これらの種は年数の経過によって発芽力を失った可能性がある。このため，6 年保存の表土には一般に確認される木本の埋土種子が多く含まれるため緑化資材として利用できると判断できるが，欠落する種もあることを十分に考慮する必要がある。
キーワード：コナラ林，のり面緑化，埋土種子，森林表土

OONUKI Makiko, IIZUKA Yasuo, KUBO Masako, HOSOGI Daisuke and MATSUE Masahiko: **Species composition of soil seed banks in the *Quercus serrata* forest after stockpiling for 6 years**

Abstract: We examined the species composition of soil seed banks of *Quercus serrata* secondary forest by germination test, which was reserved in artificial banking covered with plastic sheet for 6 years. The seed density was 131.4 seeds/L and 52.7 species. The dominant species in the seed banks were *Eurya japonica* var. *japonica, Mallotus japonicus, Solidago altissima, Hypericum laxum, Pseudognaphalium affine, Cyperus flaccidus* and others, and these dominant species are common in the seed bank of *Q. serrata* forests. Compared to the species composition of the seed banks non-reserved and reserved for one year, the soil reserved for 6 years did not contain some species such as *Alnus japonica* and *Erigeron philadelphicus.* The seeds of these species would lose their germinability for 6 years, since the period of dormancy is different from species. Therefore, our forest topsoil reserved for 6 years could have ability for the material of revegetation, because the soil had as much as woody buried seeds as the common soil seed bank in *Q. serrata* forests, however, it is required to consider sufficiently that some species may lose their germinability.
Keywords: buried viable seed, forest topsoil, *Quercus serrata* forest, revegetation technique on slopes

1．はじめに

近年，外来種の逸脱[11)]や遺伝子攪乱[25)]の問題を背景に，地域性を考慮した緑化植物の取り扱いが求められている[7)]。一方，地域性種苗の供給体制は未整備であることから[10)]，限られた種子量の中で需要が増加すると供給できなくなることも懸念されている[6)]。このため，森林表土に含まれる埋土種子の発芽，定着による緑化が試みられ[4, 15, 26)]，多くの地域で在来の植生が成立することが確認されてきた[9)]。一方，森林表土の緑化資材としての可能性については，表土の保存期間や保存方法が埋土種子の種構成に与える影響に関する報告がいくつかあるものの[3, 26)]，その数は少ない。

多くの施工地で，森林表土は施工前に採取され，そのままもしくはビニールシートで被覆，仮置きされた後，吹付資材と混合して使用される[9)]。表土は採取年度に使用されることが多いが長期間保存される場合もあるため，長期的な保存に

＊連絡先著者（Corresponding author）：〒690–0877　島根県松江市西川津町 1060　　E-mail：kubom@life.shimane-u.ac.jp

よる埋土種子への負の影響が懸念される。森林表土の緑化資材としての可能性に関してははやくから検討され，採取した表土を袋詰めにして盛土で2年間保存した場合，実用上ほとんど問題がないことが報告された[26]。また，筆者らは，既報告で表土を麻袋に詰めてブルーシートで被覆した盛土に1年間保存した場合，未保存の表土の埋土種子組成と大きな差がないことを報告した[3]。一方，海外の事例では，表土を採取後すぐに使用した場合と数年間保存した場合，緑化により成立する植生は異なり，採取後すぐに使用した方が発芽する実生の種数や個体数が多いことが報告されている[24]。森林表土に含まれる埋土種子組成は森林の種類によって異なるため，保存方法や保存期間が埋土種子組成に及ぼす影響に関する情報を蓄積し，森林表土の緑化資材としての可能性を検討する必要がある。

コナラ *Quercus serrata* Murray 林は，日本列島の暖温帯から冷温帯下部にかけての広範囲に分布する代表的な二次林であり[23]，森林表土利用工の多くの施工地でその表土が利用されている[9]。このため，コナラ林における埋土種子組成と保存期間によるその変化の有無を明らかにすることは，森林表土利用工の緑化資材としての可能性を知るために重要である。特に，施工現場における表土の保存を長期的に可能にするために，これまで報告されていない3年以上の保存期間の影響を明らかにする必要がある。そこで本研究では，コナラ林の表土を盛土に6年間保存することによる埋土種子の数や種数への影響を既報告[3]における同採取地の森林表土を未保存および1年間保存した埋土種子組成と比較することにより明らかにし，6年間の保存期間による森林表土の緑化資材としての可能性を考察する。

2.　材料と調査方法

2.1　表土の採取と保存

表土の採取地は，茨城県つくば市内にある国土交通省国土技術政策総合研究所敷地内にあるコナラ林である。本コナラ林の林床はアズマネザサ *Pleioblastus chino* (Franch. et Sav.) Makino が優占し，群落高は約20 m になる。コナラの他にハンノキ *Alnus japonica* (Thunb.) Steud.やアカマツ *Pinus densiflora* Siebold et Zucc.，ヤマグワ *Morus australis* Poir. などが林冠を構成している[3]。

表土の採取は既報告[3]と同様に，2005年12月中旬に本コナラ林の林床で落葉層を除いた表土（深さ約5 cm）を人力により採取した。採取した表土はよく撹拌し，30 L ずつ麻袋に入れた。

採取した表土の保存方法は既報告[3]と同様に，採取後3日間は空調のない屋内に保存した後，国土技術政策総合研究所構内において，盛土の内部と表層部の2つの条件を設定して保存した。盛土の内部で保存する表土は，地表面に表土を入れた麻袋を3個並べて置き，その上にローム土で高さ1.5 m まで盛土した。一方，表層部で保存する表土については，盛土の上部に麻袋の入る穴を掘り表土を入れた麻袋を3個並べ，その上に数 cm 覆土した。さらに盛土の表面は，施工現場で一般的に利用されるブルーシート（ポリエチレン製，等級は＃3000）で被覆した。

2.2　埋土種子の測定

2012年2月下旬に麻袋を掘り出し，実生出現法[1]により，6年間保存した表土の埋土種子組成を調べた。麻袋に入れた各30 L の表土の内側にある各15 L を利用し，盛土の表層部と内部の表土を各45 L（15 L×3袋），合計90 L の表土を利用した。本報では，種子植物を対象として，6年間保存した表土90 L からの発芽種子を埋土種子とした。

表土の撒き出しは，種子を含まない市販の赤玉土とバーミキュライトを1：1に混合し，約10 cm に敷いたプランター（64 cm×24 cm×高さ19 cm，90個）に行った。表土を各プランターに1 L ずつ，厚さ約1 cm に撒き広げた。プランターは，国土交通省国土技術政策総合研究所の自動潅水設備のあるガラス温室に設置した。プランターは全て，外からの種子の侵入を防ぐため白色の寒冷紗で覆い，灌水は適宜行った。試験期間は既報告[3]と同様に約1年間に設定し，2013年3月までとした。15日ごとに実生の種を同定して各種の発芽数を調べ，同定した個体はプランターから除去した。また，同定が困難な個体は抜き取り，別のプランターで同定できるまで育てた。

植物の学名および標準和名は BG Plants 和名―学名インデックス[27]に従った。各種の生活型は主に佐竹ら[17–21]および清水ら[22]を参考にした。

3.　結　　果

3.1　埋土種子組成

2005年12月から2012年2月までの約6年間保存したコナラ林の表土から確認された埋土種子組成を表–1に示した。合計90 L で確認された埋土種子は11,814個87種，1 L 当たりにすると盛土の表層部で124.2個（53.3種），盛土の内部で138.5個（52.0種）が確認された。

合計埋土種子数は一年生草本のハハコグサ *Pseudognaphalium affine* (D. Don) Anderb.が最も多く（2,765個），次に多年生草本のセイタカアワダチソウ *Solidago altissima* L.（1,724個），その他に一年生草本のヒナガヤツリ *Cyperus flaccidus* R. Br.(1,161個）やヌカキビ *Panicum bisulcatum* Thunb.(999個），多年生草本のコケオトギリ *Hypericum laxum* (Blume) Koidz.(658個），木本のヒサカキ *Eurya japonica* Thunb. var. *japonica*（432個）などが多かった。埋土種子数の少ない種の中には表層部と内部のいずれかでのみ確認される種もあったが，埋土種子数が上位の種は両方で確認された。

3.2　未保存および1年保存の埋土種子との比較

既報告[3]を元に，本調査と同様のコナラ林の林床で採取し，採取後すぐに撒き出した表土（以下，未保存）および1年間保存した表土（以下，1年保存）の埋土種子と，本調査の6年間保存した表土（以下，6年保存）の埋土種子を比較した（表–2)。既報告[3]に従い，未保存の表土20 L の3回の繰り返しの全てに種子数が5個以上（0.25個/L）確認された

表-1　6年間保存したコナラ林表土の埋土種子組成

	合計埋土種子数(/90 L)	平均埋土種子数（/L）	
		表層部	内　部
木本			
ヒサカキ	432	5.1	4.5
コウゾ	153	1.8	1.6
ヌルデ	19	0.4	0.1
アカメガシワ	13	0.3	0.4
ウツギ	9	0.2	0.1
イヌザンショウ	5	0.1	—
キリ	5	—	0.2
ヤマグワ	4	0.3	—
クマイチゴ	3	0.1	0.1
タラノキ	3	0.1	0.1
ノイバラ	2	—	0.1
ネムノキ	1	—	0.1
ムラサキシキブ	1	0.1	—
つる性木本			
ノブドウ	3	0.1	0.1
クズ	2	—	0.1
エビヅル	1	0.1	—
多年生草本			
セイタカアワダチソウ*	1,724	14.3	24.0
コケオトギリ	658	8.4	6.2
ヒメクグ	385	5.5	3.1
ツボスミレ	283	3.3	3.0
チヂミザサ	228	1.9	3.2
コナスビ	87	1.0	0.9
ヒヨドリバナ	63	0.8	0.6
チドメグサ	60	0.7	0.6
ヨウシュヤマゴボウ*	54	0.6	0.6
カタバミ	23	0.1	0.5
ノチドメ	12	0.3	0.1
ヘビイチゴ	12	0.3	0.3
アリノトウグサ	6	0.1	0.1
ウラジロチチコグサ*	5	0.1	0.1
チチコグサ	5	0.1	0.3
ニガナ	4	0.1	0.1
ススキ	3	0.1	0.1
アカバナ	3	0.2	—
トコロ	2	—	0.1
ヨモギ	2	0.1	—
タケニグサ	2	—	0.1
ミツバツチグリ	1	0.1	—
スズメノヤリ	1	—	0.1
一年生草本			
ハハコグサ	2,765	30.6	30.8
ヒナガヤツリ	1,161	8.5	17.3
ヌカキビ	999	10.4	11.8
トキワハゼ	314	3.9	3.0
ツユクサ	280	3.0	3.2
オニタビラコ	278	3.4	2.8
ヒメヒラテンツキ	227	2.0	3.0
イヌホオズキ	209	2.5	2.2
オオアレチノギク*	154	1.7	1.7
スズメノテッポウ	153	1.8	1.6
アメリカアゼナ*	135	1.4	1.6
ダンドボロギク*	110	0.8	1.6
メヒシバ	105	1.6	0.7
イヌタデ	89	0.8	1.2
ヒメアシボソ	79	0.7	1.0
フタバムグラ	79	1.3	0.4
アゼナ	75	0.7	0.9
ヒメガヤツリ	63	1.1	0.3
アゼトウガラシ	43	0.6	0.4
コゴメガヤツリ	19	—	0.4
コアゼガヤツリ	16	—	0.3
オニノゲシ*	11	0.2	0.1
ウリクサ	9	0.1	0.1
クロホシクサ	8	0.2	0.1
トキンソウ	8	0.1	0.4
アキノウナギツカミ	7	0.1	0.1
タネツケバナ	6	0.2	0.1
コアカザ*	6	0.1	0.1
スカシタゴボウ	6	0.1	0.1
ツメクサ	6	0.2	0.1
ヒメナエ	5	0.1	0.2
キュウリグサ	4	0.1	0.1
スズメノカタビラ	4	0.2	—
エノコログサ	4	—	0.3
ハルタデ	4	0.1	0.1
アメリカセンダングサ*	3	0.1	0.1
アキノノゲシ	2	—	0.1
チョウジタデ	2	0.1	—
キキョウソウ*	2	0.1	—
エノキグサ	2	—	0.1
ヒンジガヤツリ	2	—	0.1
チチコグサモドキ*	1	0.1	—
イヌビエ	1	—	0.1
ヒメジョオン*	1	0.1	—
アメリカフウロ*	1	—	0.1
ハキダメギク	1	0.1	—
ミチヤナギ	1	—	0.1
ヤハズソウ	1	—	0.1
未同定	74	0.5	1.2
合計埋土種子数	11,814	124.2	138.5
合計種数	87	53.3	52.0

合計埋土種子数は未同定の種子数を含み，合計種数は未同定を除いた。*は，佐竹ら[17~21]および清水ら[22]に従い，外来植物であることを表す。

種のみを表示した。既報告における未保管および1年保管の撒き出し方法に比べると，表土の撒き出しの厚さや同定の回数に若干の違いがあったが，埋土種子数および種数の単位を統一し，比較できるものとした。

いずれの保存期間でも埋土種子数が上位にある種は類似していた。未保存および1年保存の木本はヒサカキやコウゾ *Broussonetia* x *kazinoki* Siebold（既報告[3]に従いヒメコウゾはコウゾとしてまとめた），ヌルデ *Rhus javanica* L. var. *chinensis* (Mill.) T. Yamaz.，ハンノキがあり，6年保存ではヒサカキとコウゾ，ヌルデが確認されたが，ハンノキは全く確認されなかった。多年生草本もセイタカアワダチソウやコケオトギリ，ツボスミレ *Viola verecunda* A. Gray，チヂミザサ *Oplismenus undulatifolius* (Ard.) Roem. et Schult.など，未保存と1年保存で上位にあった種は6年保存でも上位で確認された。一方，6年保存で上位にあったヒメクグ *Cyperus brevifolius* (Rottb.) Hassk. var. *leiolepis* (Franch. et Sav.) T. Koyama（表-1）は未保存では上位に含まれていなかった。一年生草本はいずれの保存期間でもハハコグサが特に多く，その他にヒナガヤツリやトキワハゼ *Mazus pumilus* (Burm. f.) Steenis，オニタビラコ *Youngia japonica* (L.) DC.，ツユクサ *Commelina communis* L.など，上位の種はいずれの保存期間でも同様であった。未保存および1年保存で確認されたオオクサキビ *Panicum dichotomiflorum* Michx.やミゾイチゴツナギ *Poa acroleuca* Steud.，ハルジオン *Erigeron philadelphicus* L.は6年保存では全く確認されなかった。ただし，本調査ではイネ科の植物に未同定の個体が多かったため，オオクサキビやミゾイチゴツナギは存在する可能性がある。逆に，6年保存で上位にあったヌカキビ *Panicum bisulcatum* Thunb.やスズメノテッポウ *Alopecurus aequalis* Sobol. var. *amurensis* (Kom.) Ohwi，アメリカアゼナ *Lindernia anagallidea* (Michx.) Pennell，メヒシバ *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler などは未保存では上位に含まれていなかった。このため，いずれの保存期間でも埋土種子が確認される種は類似するものの，それぞれに上位に存在しない種もあった。

各生活型の合計埋土種子数を比較すると，木本は6年保存の表層部で埋土種子数が最も多かった。6年保存の内部は，種子数が最も少なかった1年保存の内部より多かった。ただし6年保存の木本の種数は少なく，6年保存の内部の種数は最も少なかった。6年保存の表層部および内部ともに，未保存および1年保存より多年生草本および一年生草本の埋土種子数が多く，一方で種数は6年保存が最も少なかった。つる性木本は未保存と同様の値であった。このため6年保存の埋土種子数は未保存および1年保存よりも多く，種数は少なかった。

6年保存の各種の埋土種子数について表層部と内部で比較した結果，セイタカアワダチソウとチヂミザサの各内部の埋土種子数が表層部より有意に多かったが（*t*-test，$p<0.05$），その他に有意差はなかった。各生活型の合計についても，表層部と内部で有意差はなかった。種子数の少ない種は，表層部または内部に偏って出現する種があったが（表-1），本調

表-2　6年間保存したコナラ林表土の埋土種子と未保存および1年保存との比較

	6年保存				未保存	1年保存	
	表層部		内部			表層部	内部
	平均埋土種子数（/L）	標準偏差	平均埋土種子数（/L）	標準偏差	平均埋土種子数（/L）	平均埋土種子数（/L）	平均埋土種子数（/L）
木本							
ヒサカキ	5.1	0.1	4.5	1.3	2.1	3.5	2.2
コウゾ	1.8	0.6	1.6	0.4	1.4	1.1	1.0
ヌルデ	0.4	0.2	0.1	0.0	0.7	0.4	0.4
ハンノキ	—	—	—	—	2.4	1.2	0.9
多年生草本							
セイタカアワダチソウ*	14.3 a	2.8	24.0 b	1.0	19.8	15.8	16.2
コケオトギリ	8.4	0.5	6.2	1.3	2.6	3.5	3.5
ツボスミレ	3.3	0.7	3.0	0.7	4.1	3.2	3.2
チヂミザサ	1.9 a	0.5	3.2 b	0.6	2.1	2.4	2.5
コナスビ	1.0	0.7	0.9	0.2	0.8	0.3	0.3
ヒヨドリバナ	0.8	0.2	0.6	0.4	0.7	0.5	0.5
チドメグサ	0.7	0.1	0.6	0.2	0.5	0.8	0.5
ヨウシュヤマゴボウ*	0.6	0.4	0.6	0.2	0.7	0.4	0.5
トコロ	—	—	0.1	0.0	0.5	0.4	0.3
一年生草本							
ハハコグサ	30.6	5.7	30.8	2.9	15.5	17.6	17.9
ヒナガヤツリ	8.5	4.4	17.3	2.0	3.8	4.5	5.3
トキワハゼ	3.9	0.3	3.0	0.6	0.9	1.2	0.7
オニタビラコ	3.4	0.5	2.8	0.6	2.3	2.1	1.9
ツユクサ	3.0	0.5	3.2	0.4	3.3	3.1	2.4
イヌホオズキ	2.5	1.1	2.2	0.8	2.0	1.7	1.1
ヒメヒラテンツキ	2.0	0.7	3.0	1.5	0.7	1.3	1.1
オオアレチノギク*	1.7	0.6	1.7	0.8	3.4	2.1	2.0
ヒメガヤツリ	1.1	0.8	0.3	0.3	1.2	1.7	1.8
ダンドボロギク*	0.8	0.2	1.6	1.0	0.8	0.8	0.6
イヌタデ	0.8	0.3	1.2	0.5	1.0	1.0	1.1
ヒメアシボソ	0.7	0.2	1.0	0.3	4.0	2.1	2.7
オオクサキビ*	—	—	—	—	9.5	10.2	8.4
ミゾイチゴツナギ	—	—	—	—	1.1	0.9	0.9
ハルジオン*	—	—	—	—	0.7	0.1	0.2
木本							
埋土種子数	8.0	0.6	6.6	1.4	7.5	6.6	4.7
種数	7.3	1.2	5.3	2.5	11.7	10.0	7.0
つる性木本							
埋土種子数	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3
種数	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0
多年生草本							
埋土種子数	38.1	3.0	44.0	1.0	34.1	29.9	29.7
種数	15.0	1.7	14.3	3.2	20.1	20.7	20.3
一年生草本							
埋土種子数	78.2	8.5	87.5	2.2	53.4	53.5	51.6
種数	30.0	2.6	31.3	3.2	38.7	37.7	39.0
合計埋土種子数	124.2	11.2	138.5	3.3	102.0	93.8	90.0
合計種数	53.3	5.5	52.0	5.6	71.3	68.7	66.7

既報告[3]における未保存の表土20Lの繰り返し3回の全てで種子数が5個（0.25個/L）以上確認された種のみを表す。値は各1L当たりの各種の埋土種子数の平均値および標準偏差を表す。6年保存のみ，各種の表層部と内部の異なるアルファベット間で有意差があることを表す（t－検定，$p<0.05$）。各生活型の埋土種子数は未同定の種子数も含め，種数は未同定を除いた。未保存および1年保存は平均埋土種子数（/L）のみを既報告[3]より引用した。＊は，佐竹ら[17-21]および清水ら[22]に従い，外来植物であることを表す。

査で利用した表土は採取後に十分に撹拌していること，検定による有意差がみられなかったことから（表–2），表土の差はないと判断した。

4. 考　察

4.1　6年間保存した表土の埋土種子組成

盛土に6年間保存したコナラ林の埋土種子を調べた結果，表土90 Lに11,814個87種，1 L当たりにすると平均131.4個52.7種が確認された（表–1）。これまでのコナラ林の埋土種子に関する報告では，埋土種子数は9.8から35.4個/Lが報告されている[5, 8]。岡山県のコナラ林の埋土種子数は尾根で9.8個/L（30種/20 L），谷で13.5個/L（33種/20 L），斜面で29.7個/L（39種/20 L）が確認され[8]，関東のコナラ林では35.4個/L（75種/40 L）[5]の埋土種子が確認されている。このため本表土に含まれる埋土種子数は既報告より多いのが特徴であった。一方，種数については，表土の量が異なるため正確な比較は困難であるが，既報告より少ない傾向があった。

木本に関して1 L当たりの埋土種子数および種数を比較すると，本表土は表層部で8.0個/L（10種/45 L），内部で6.6個/L（10種/45 L），岡山県のコナラ林では尾根で4.7個/L（8種/20 L），谷で8.1個/L（9種/20 L），斜面で20.6個/L（9種/20 L）[8]，関東のコナラ林では4.5個/L（7種/40 L）[5]が確認されている。このため，本表土に含まれる木本の埋土種子数は既報告で報告されている範囲内であり，草本の埋土種子数が多かったため合計の埋土種子数が多かったと考えられた。

本表土に含まれる木本はヒサカキが最も多く，その他にコウゾやヌルデ，アカメガシワ，ウツギ *Deutzia crenata* Siebold et Zucc.，イヌザンショウ *Zanthoxylum schinifolium* Siebold et Zucc.，キリ *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.なども確認された（表–1）。既報告のコナラ林でも，ヒサカキやリョウブ *Clethra barbinervis* Siebold et Zucc.，ヌルデ，タラノキ *Aralia elata* (Miq.) Seem.，キリ，ネムノキ *Albizia julibrissin* Durazz.，コウゾなどの種子数が多い[5, 8]。6年保存の表土でも，既報告で一般的に確認されている木本種を含み，類似した埋土種子組成であることが明らかになった。ただし，本表土の木本の種数は，埋土種子数が少ないコナラ林の表土の種数と同程度であったことから，本表土の木本も種子数が多いにも関わらず種数が少ないのが特徴であった。

4.2　保存期間による埋土種子組成への影響

6年保存の埋土種子組成を，本表土と同様の採取地および方法で調べた未保存および1年保存の埋土種子組成と比較した結果，6年保存の種子数が最も多く種数は最も少なかった（表–2）。既報告で未保存と1年保存の埋土種子を比較した結果では，合計埋土種子数および種数に有意差はないものの，木本のみで比較すると1年保存の内部の埋土種子数および種数（4.7個/L，7.0種/L）が未保存（7.5個/L，11.5種/L）および1年保存の表層部（6.6個/L，10.0種/L）より有意に少なかった[3]。これに対して，6年保存ではいずれの保存方法よりも多くの木本種子が確認され，6年間の保存期間を経ても発芽する種子数が十分確保できることから，緑化資材として利用できる可能性が示唆された。

一般に埋土種子は土壌表層の5 cmに多いことが知られていることから[2]，保存状態の適，不適の条件として盛土の表層部と内部を設定したが，本調査の6年保存の表土では両者に埋土種子数と種数の明らかな違いは確認されなかったため，盛土の深さ1.5 mの違いが埋土種子数や種数に与える影響は少ないと考えられた。

一方で，保存期間による影響として，種数の減少の可能性が示唆された。未保存では71.3種/L，1年保存で68.7種/Lと66.7種/L，6年保存では53.3種/Lと52.0種/Lが確認され，保存期間の増加とともに種数は減少した（表–2）。未保存の木本はハンノキの埋土種子数が多かったが，1年保存では表層部および内部とも未保存の半数以下と少なく[3]，6年保存では全く確認されなかった（表–2）。一年生草本のハルジオンも保存期間の増加とともに種子数は減少し，6年保存では全く確認されなかった（表–2）。既報告では埋土種子数の多い表土の方が種数も多い傾向があるが[5, 8]，6年保存では埋土種子数が多いにもかかわらず種数が少ないため，保存期間の影響により消失する種があると考えられた。

樹種によって種子の休眠年数が異なることは古くから知られており，1年以内に種子が発芽力を失う樹種もあれば，20年以上発芽力を維持する樹種もある[16]。ハンノキに関しては明らかではないが，同属のヤマハンノキ *Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr. var. *sibirica* (Spach) C.K. Schneid.の種子は，埋土すると1年以内に腐敗または発芽しても死滅することが報告されている[16]。ただし，ヒサカキも同様の結果が報告されているため，種子を人為的に埋土した場合と，自然に蓄積して埋土種子となった状態では異なる可能性もある。一方で，アカメガシワやネムノキ，ヌルデ，イヌザンショウなどの種子は埋土しても20年以上発芽力を維持することが報告されており[16]，これらは様々な種類の森林で埋土種子として報告されている樹種である[5, 10, 12–14]。

本採取地の表土では，各保存期間により確認される種と確認されない種があり，ハンノキやハルジオンなどのように種子数の多かった種に関しては，年数の経過によって埋土種子の発芽力が低下して消失した可能性がある。本コナラ林の表土では，埋土種子数が上位にあるアカメガシワやネムノキ，ヌルデ，イヌザンショウなどの永続的に発芽力を維持することが報告されている種[16]や，ヒサカキのように多くの表土から埋土種子としての存在が報告されている種[5, 10, 12–14]は，年数の経過によっても種子数が低下しないが，その他の種の中には，年数の経過により発芽力が低下，消失する種もあり，その結果，表土全体の種数が減少したことが予想される。

5. ま と め

既報告[3]では，本コナラ林の表土の埋土種子数が最も少なかった1年保存の表層部の表土について，植生基材に表土を10%含んだ緑化のり面の成立植生と比較し，緑化資材としては問題ないことを報告している。本6年保存の表土に

は1年保存の表土よりも多くの木本の埋土種子が含まれていたことから，6年保存の表土でも木本の発芽による緑化の可能性があると判断できる。本表土はヌルデやアカメガシワなど，埋土種子として広く報告されている木本の種子を多く含んでいるコナラ林の表土であり，こうした表土は長期的な保存によっても緑化資材としての利用が可能と予測できる。しかし一方で，ハンノキなど長期間の保存により欠落する種もあることを十分に考慮する必要がある。さらに，代表的な外来草本であるオオアレチノギクは年数とともに減少する傾向があったが，セイタカアワダチソウやヨウシュヤマゴボウ，ダンドボロギクなどは6年間保存しても種子数に変化が見られず，埋土種子として長期間残存することも考慮する必要がある。

謝辞：本研究は国土交通省国土技術政策総合研究所緑化生態研究室の「生物多様性に配慮した緑化技術の開発に関する研究」の一環として行いました。同研究室の皆様には貴重なご意見と温かいご指導をいただきました。また，日本植生株式会社の皆様には実験にご協力いただきました。心より厚く御礼申し上げます。

引用文献

1）浜田　拓・倉本　宣（1994）実生出現法によるコナラ林の埋土種子集団の研究およびその植生管理への応用，ランドスケープ研究，58(1): 76–82.
2）林　一六（1977）埋土種子集団，沼田　真編，群落の遷移とその機構，朝倉書店，pp. 193–204.
3）細木大輔・松江正彦（2010）1年間保存した森林表土の緑化材料としての可能性, 日本緑化工学会誌, 35(3): 462–472.
4）細木大輔・米村惣太郎・亀山　章（2000）埋土種子を用いて緑化したのり面の植生の推移，日本緑化工学会誌，25(4): 339–344.
5）細木大輔・米村惣太郎・亀山　章（2004）関東の森林の土壌シードバンクにおける緑化材料としての利用可能性とその測定方法，日本緑化工学会誌，29(3): 412–422.
6）入谷祐司（2006）外来生物法と郷土植物，緑化植物流通の実態，緑化工技術，27: 25–40.
7）小林達明・倉本　宣（2006）生物多様性保全に配慮した緑化植物の取り扱い方法，亀山　章監修，生物多様性緑化ハンドブック，地人書館，pp. 13–58.
8）久保満佐子・細木大輔・松江正彦（2010）緑化材料として春と夏に採取した森林表土の撒き出し試験事例，日本緑化工学会誌，35(4): 532–536.
9）久保満佐子・松江正彦・飯塚康雄（2013）森林表土を利用した緑化のり面に成立する植生と気候要因の関係．日本緑化工学会誌，38(4): 425–438.
10）松田友義（2006）地域性種苗のためのトレーサビリティ・システム，亀山　章監修，生物多様性緑化ハンドブック，地0人書館，pp. 117–128.
11）村中孝司（2005）外来種の侵入が在来種の生育や生物多様性に及ぼす影響について，植生情報，9: 79–87.
12）Naka, K. and Yoda, K. (1984) Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. II. Species composition and density of seeds buried in the soil of a climax evergreen oak forest. Bot. Mag. Tokyo 97: 61–79.
13）Nakagoshi, N. (1984) Ecological studies on the buried viable seed population in soil of the forest communities in Miyajima Island, southwertern Japan II. Hikobia 9: 109–122.
14）Nakagoshi, N.(1985) Buried viable seed population in the *Abies firma* forest in Miyajima Island, southwertern Japan. Hikobia 9: 207–214.
15）中村　剛・石坂知行・谷口伸二（2004）表土シードバンクを利用した施工事例の報告，日本緑化工学会誌，31(1): 107–110.
16）小澤準二郎（1950）土中に埋もれた林木種子の発芽力，林業試験集報，58: 25–43.
17）佐竹義輔・原　寛・亘理俊次・冨成忠夫編（1989）日本の野生植物　木本Ⅰ，平凡社，321 pp.
18）佐竹義輔・原　寛・亘理俊次・冨成忠夫編（1989）日本の野生植物　木本Ⅱ，平凡社，305 pp.
19）佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・冨成忠夫編（1981）日本の野生植物　草本Ⅲ　合弁花類, 平凡社, 259 pp.
20）佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・冨成忠夫編（1982）日本の野生植物　草本Ⅰ　単子葉類, 平凡社, 305 pp.
21）佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・冨成忠夫編（1982）日本の野生植物　草本Ⅱ　離弁花類, 平凡社, 318 pp.
22）清水矩宏・広田伸七・森田弘彦（2001）日本帰化植物写真図鑑，全国農村教育協会，355 pp.
23）鈴木伸一（2001）日本におけるコナラ林の群落体系，植生学会誌，18: 61–74.
24）Tacey H.W. and Glossop L.B. (1980) Assessment of topsoil handing techniques for rehabilitation of sites mined for bauxite within the jarrah forest of Australia. Journal of Applied Ecology 17: 195–201.
25）津村義彦・岩田洋佳（2003）遺伝的変異性を考慮した緑化とは，日本緑化工学会誌，28(4): 470–475.
26）梅原　徹・永野正弘・麻生順子（1983）森林表土のまきだしによる先駆植生の回復法，緑化工技術，9(3): 1–8.
27）米倉浩司・梶田　忠（2003）BG Plants 和名—学名インデックス(Ylist). URL: http://bean.bio.chiba-u.jp/bgplants/index.html（参照：2017年11月）

（2019年8月28日　受理）

土木学会
土木史研究講演集（2019）39：173-178

オランダ人土木技師 Mulder の設計理念
—オランダで発見した新史料を中心として—

岩本　一将 [1]

[1] 正会員　国土技術政策総合研究所　緑化生態研究室（〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地）
E-mail: iwamoto-k92cs@mlit.go.jp

本研究は，明治期の御雇外国人 Mulder（オランダ人土木技師）に着目し，オランダで発見した新史料を用いて，彼が日本で設計を行う際にどういった理念を抱いていたのかを明らかにすることを目的とする．オランダ人土木技師らの来日当初，彼らの基準で技術者と呼ぶことができる日本人は皆無であった．そのような中，Mulder は日本に粗朶などの良質な自然素材が多く，一方でコンクリートなどの近代技術的がまだ未熟であることを，日本での事業を通して把握した．また Mulder は単に土木技師としてだけではなく，土木・建築を合わせて都市を総合的に設計することができる視点を持ち合わせていたことが明らかになった．以上をふまえて，Mulder は事業実現のために工費を抑え，且つ日本に適した技術として粗朶などの自然素材を用いて設計することを理念としていた．

Key Words: *A.T.L.Rouwenhorst Mulder, Dutch Civil Engineers, Fascine Mattress, River Construction, Port Construction*

1.　はじめに

本研究は，明治期の御雇外国人である Anthonie Thomas Lubertus Rouwenhorst Mulder（オランダ人土木技師，以下，Mulder）に着目し，オランダ人土木技師が日本で事業を実施するためにどういった理念を抱いていたのかを明らかにすることを目的とする．

本稿で着目するオランダ人土木技師は，明治期に政府より雇われた土木分野唯一の御雇外国人であり，彼らの技術や計画論が我が国の土木技術の発展に大きな貢献を果たしたことは既に多くの観点から指摘されている[1]．特に河川や砂防に関する計画論，技術は非常に高い評価を受けており，現存する構造物が土木学会の近代土木遺産として複数認定された[2]．加えて，2015 年には本研究で着目する Mulder の設計した三角港（現三角西港）が「明治日本の産業革命遺産」の一部として世界遺産へ登録されるなど，世界的にも高い評価を受けた[3]．

一方，オランダ人土木技師らが日本へと輸入した技術は常に肯定的な評価を得たわけではない．歴史的には，廣井勇の『日本築港史』[4]において，Cornelis Johannes van Doorn（オランダ人土木技師，以下，Doorn）の設計した野蒜築港事業を例に挙げて，対象地の選定や用いた技術に対する否定的な意見を述べた．近年では，島崎がオランダ人技師が設計した内容について技術的な観点からより詳細に分析し，特に横浜港や三国港の設計内容に関する技術的な限界を論じている[5]．

前述の既往研究は，そのほとんどが日本に保管されている史料や設計図面を用いて分析した成果である．上林は Johannis de Rijke（オランダ人土木技師，以下，Rijke）本人の手紙やオランダに所蔵されていた史料をオランダで発見し，その翻訳・分析を行った結果，彼らの技術，特に水制工や粗朶沈床工法などの河川技術や治山の概念などを取り上げ，Rijke の設計理念が日本に与えた影響を再評価するなど，優れた研究成果を残している[6]．この上林の分析方法は本研究に大きな示唆を与えている．すなわち，オランダ人土木技師ら本人が残した史料を発見・分析することは，従来の知見とは大きく異なる設計思想や技術伝播の経緯の解明へと繋がる可能性が示されたことである．オランダ人土木技師の設計した土木施設を遺産として残す気運の高まりつつある昨今において，このような国際的な視点を持って分析することは，土木史分野における重要な研究課題であるといえる．

以上をふまえて本研究では，筆者がオランダにて発見した新史料である Mulder の設計図面や報告書などを用いて，オランダ人土木技師の設計理念を解明することを試みる．

2. オランダ人土木技師の位置付けと研究史料

(1) オランダ人土木技師に対する我が国の土木事業

明治維新以降，富国強兵をスローガンとして掲げた新政府は，日本の近代化を図るため，土木分野において10 名のオランダ人土木技師を御雇外国人として雇用した[7]．**表-1**[8]はオランダ人土木技師らの役職と関わった事業の数を示したものである．表が示すように，全てのオランダ人土木技師が「工師」の身分で来日したわけではなく，石工や粗朶，煉瓦の職人などは「工手」の身分として来日した[9]．彼ら工手は，工師らの設計内容を実行するに際して，オランダの技術を日本の技術者らに伝播する役割を担っていた．また George Arnold Escher（以下，Escher），Rijke，Mulder の 3 名が比較的多くの事業に関わっており，多くが河川もしくは港湾に関する事業であることがわかる．彼らの河川技術について，粗朶沈床工法の輸入が代表的であり，この工法は当時から高く評価されていた[10]．港湾事業については，Dorm が設計した野蒜築港事業が失敗[11]に終わったために，オランダ人土木技師らの港湾技術は日本の自然条件に適していなかったと評価されることが一般的である．しかしながら，前述のように世界遺産に登録された事例や，三国港のように現役で機能し続ける事例がからも，オランダ人土木技師が関わった港湾事業全てに否定的な評価が下されているわけではない．

本研究で論点となるのは，オランダ人技師らが粗朶や石などの自然素材を用いた設計を積極的に行ったことに対する理念である．上林[12]によると，オランダ人土木技師らは，イギリス人技師らによって鉄材やコンクリートなどの代技術を知らない田舎者だと批判されていた．しかし，彼らは新潟の港湾事業において鉄材を用いた事業を計画し，近代技術を用いることも可能であったことが同既往研究より指摘されている．では，彼らはなぜ自然素材を積極的に採用したのであろうか．

(2) 本研究で用いる研究史料

オランダの史料を用いた既往研究および資料に関しては，日蘭両国の史料を用いてオランダ人土木技師の功績をまとめた『In Een Japanse Stroomversnelling』[13]がまず挙げられる．これは，オランダ人技師が持ち帰った写真史料や設計図面を多く掲載しており，日本人研究者らによる知見や史料提供も受けて彼らの功績が網羅的にまとめられている．加えて，Escher に関しては，彼が日本滞在中に記した日記を翻訳した『蘭人工師エッセル 日本回想録』が出版されており，Escher の考えや足跡を把握することができる[14]．Rijke については，彼の手紙を分析の中中心とした研究成果[15]や，オランダの史料も用いて Rijke の生涯の業績をまとめた研究成果[16]が挙げられる．

表-1 オランダ人土木技師らの階級と関わった事業数

名前	階級	Port	River	Others	Total
Cornelis Johannes van Doorn	長工師	3	3	3	9
Isaac Anne Lindo	2 等工師	1	3	1	5
George Arnold Escher	1 等工師	7	6	-	13
Johannis de Rijke	4 等工師	9	11	1	21
Dick Arnst	工手	2	2	-	4
Alphonse Th.J.H Thissen	3 等工師	1	2	1	4
Johannes Nicolaas Westerwiel	工手	1	2	-	3
Josinus Aderianus Kalis	工手	-	1	-	1
Anthonie Th.L Rouwenhorst Mulder	1 等工師	9	7	4	20
Arie van Mastrigt	工手	1	2	-	3
Total		34	39	10	83※

※1 つの事業に複数名で関わった場合はそれぞれでカウントしており、一部数値は重複している。

本研究で着目する Mulder に関しては，星野らが三角築港の計画内容と埠頭の構造などを明らかにした研究成果において一部オランダ語の史料が使われている[17]．また，建設省発行の資料『A.T.L.R.Mulder の報告書及び関係文書』[18]中にて Mulder のオランダ語の文章が挙げられているが，史料の内容に関する言及は非常に少ない．

本研究では，オランダで発見した新史料として，オランダ王立技術協会発行の技術雑誌である「Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs」に掲載された史料３点と，オランダで発行されていた歴史や民俗学に関する専門誌である「Tijdschrift voor geschiedenis, land-en volkenkunde」に掲載された史料１点を中心として，分析を行った（**表-2**，以降，これらの史料を報告書と表現する）．

表-2 に示した報告書の内容に関しては後述するが，これらの報告書は，いずれもオランダ王国国立図書館（Koninklijke Bibliotheek）やデルフト工科大学の図書館（Bibliotheek TU Delft）に所蔵されていた．また報告書には Mulder の関わった図面も複数掲載されていた．

3. Mulder の経歴と報告書

(1) Mulder の経歴と当時の日本

Mulder の経歴については『A.T.L.R.Mulder の報告書及び関係文書』[19]にてすでに述べられており，まとめると以下の通りである．Mulder は，1848（嘉永元）年にオランダの都市 Leiden に生まれ，1867（慶応 3）年にデルフト工科大学の前身校に入学．1872（明治 5）年に卒業後，オランダの Rijkswaterstraat（公共事業および水管理を行う行政機関）に入省し，エジプトへと赴任する．そして 6 年後の 1879（明治 12）年に御雇外国人として日本に来日し，1890（明治 23）年までのあいだに我が国の土木事業に携わった（**図-1**，**表-3**）[20]．

Mulder は，利根川[21]や三角港[22]に代表されるような河川・港湾事業の設計や改修に携わる一方で，野蒜築港事業が失敗した後の調査[23]や横浜港改修案の調査委員[24] に

表-2 本研究で分析する Mulder の報告書一覧

掲載雑誌	タイトル（発行年）	図面
Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs （オランダ王立技術協会の専門誌）	THE NETHERLANDS TRADING ESTABLISHMENTAT PORT-SAID（1877） （ポートサイドのオランダ商館に関して）	有
Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs （オランダ王立技術協会の専門誌）	KORTE MEDEDEELINGEN OVER JAPAN EN MEER BEPAALD OVER DE VOORNAAMSTE HAVENS（1888） （日本の港に関する言説）	有
Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs （オランダ王立技術協会の専門誌）	EEN DRIETAL ZEESTRATEN VAN DEN JAPANSCHEN ARCHIPEL（1893） （日本の3つに海峡について）	有
Tijdschrift voor geschiedenis, land-en volkenkunde （歴史、国土、民俗学に関する専門誌）	EEN EN ANDER OVER HET JAPANSCHE RIJK（1895） （日本の豊かさに関する言説）	無

※括弧内に記した日本語は、翻訳ではなくオランダ語と内容を加味して付した意訳である。

任命されるなど，政府からの信頼が厚いポジションを担っていた．また，1886（明治19）年から翌1887（明治20）年の間に一時オランダへと帰国しており，その際に寄稿したと考えられる文章がオランダの新聞記事『De Ingenieur』に掲載されていた．以下にその一部を抜粋する[25]．

…In 1873, toen de eerste Hollandsche ingenieurs in Japan werden aangesteld, bestond er geen technisch personeel (ten minste niet bij de afdeeling Waterstaat), in staat om eene behoorlijke terreinopname te doen, of om eene eenigszins vertrouwbare waterpassing te verrichten. Daarom moesten die werkzaamheden in den beginne door de ingenieurs zei ven worden gedaan, en eerst langzamerhand kwam daarin verbetering, toen eenige ambtenaren, als leerlingen aan die ingenieurs toegevoegd, zich met ijver op dit vak toelegden. …【…1873 年に最初のオランダ人技師（※Doorn と Lindo）が到着した際，日本には waterstreet division（水管理関係）に関する技術（適切な現地調査や設計技術）を有する人材はほとんどいなかった．そのため，到着した当時に事業を実現することは非常に難易度が高かった．しかし，これ以降（※第 2 期以降の Escher や Rijke を指す）のオランダ人技師が到着した際には，それらは多少改善されていた．…】

Mulder は，Dorn ら最初のオランダ人土木技師が到着した際に，日本にはオランダが求める技術水準に達した技術者がおらず，事業を実施することが困難であったことを報告していた．また，Doorn や Lindo などの工師が日本人へ彼らの技術を教えることで，徐々に改善されたことも合わせて報告している．長工師である Doorn の関わった事業数が Escher や Rijke，Mulder と比較して少ない理由として，到着時の状況を改善するために教育に力を注いでいた可能性を示唆する新聞記事である（表-2）．さらに，来日したオランダ人土木技師の第 2 期メンバーには，2 名の工手が含まれており，彼らが現地の日本人職人に適宜技術を教えていたことも推察される．

図-1 Anthonie Thomas Lubertus Rouwenhorst Mulder

表-3 Mulder の略歴

年	出来事
1848	Leidenで生まれる．
1867	Polytechnic School of Delft（現デルフト工科大学）へ入学
1872	Polytechnic School of Delft（現デルフト工科大学）を卒業．
1873	Rijkswaterstaat（公共事業および水管理を行う行政機関）に入省．エジプトへ転勤．(-1876)
1879	御雇外国人として来日．
1886	一時帰国（-1887）
1890	オランダへと帰国．
1901	Wageningenにて死去．

(2) Mulder の報告書

報告書の内容に関して言及す前に，本研究で分析する Mulder の報告書４点がそれぞれどういった経歴の時系列で掲載されたものであることをまずは記したい．1877（明治 10）年に掲載された「THE NETHERLANDS TRADING ESTABLISHMENTAT PORT-SAID」[26]は Mulder がエジプトからオランダへと帰国した後に書かれた内容であり，日本へと来日する以前の報告書である．次に，1888（明治 21）年の「KORTE MEDEDEELINGEN OVER JAPAN EN MEER BEPAALD OVER DE VOORNAAMSTE HAVENS」[27]は，Mulder が 1886-1887 の一時帰国の際にまとめた内容が掲載されていた．1893（明治 26）年掲載の「EEN DRIETAL ZEESTRATEN VAN DEN JAPANSCHEN ARCHIPEL」[28]は，日本での御雇外国人としての勤めを終え，オランダへと帰国した後の報告書である．歴史や民俗学

に関する専門雑誌へ 1895（明治 28）年に掲載された「EEN EN ANDER OVER HET JAPANSCHE RIJK」[29]は帰国から 5 年後に掲載された報告書である．

4. 報告書から見る Mulder の経験と主観

(1) エジプトでの経験

来日の仕事内容が記載された「THE NETHERLANDS TRADING ESTABLISHMENTAT PORT-SAID」は，Mulder がエジプトに赴任した 1873-1876 年までの仕事内容が述べらていた．防波堤の設計と水辺に位置する建築物の建設に関する記述を中心とした内容である．

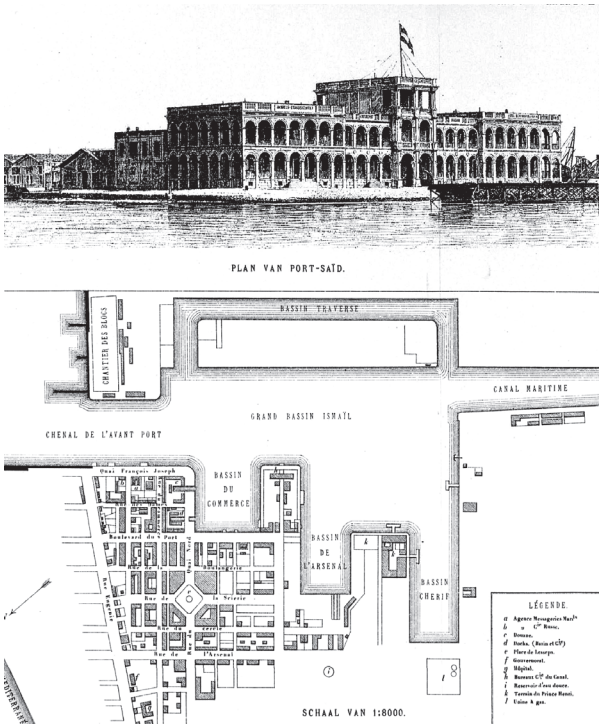
この報告書の中で Mulder の経験や考えに触れる記述は以下の通りである．まず，Mulder が関わったと考えられる建築の事業に関して，用いた素材や空間の機能，素材の輸入先などが詳細に説明されており，建築分野に関する知識も有していたことが推察される内容の記載が報告書中にされていた（**図–2**）[30]．オランダ人土木技師が建築の事業に関わることについて，同じくデルフト工科大学の前身校（Polytechnic School of Delft）を卒業した Escher も，福井県三国町で小学校を設計[31]していたことから，高等教育を受けたオランダ人土木技師は，土木に限らない幅広い知識を有していたと伺うことができる．

加えて，報告書には，建築および港湾事業に使用するつもりであったレンガや石材などの材料に関する報告もされていた．Mulder はエジプト国内では低品質のものしか手に入れることができず，一方で欧州から輸入するとコストが高くなってしまう事に悩んでいる様を記述した．このため，他のオランダ人技師に比べて，Mulder は海外で土木事業を実現するために配慮すべき点を来日以前より有していたと考える事ができる．

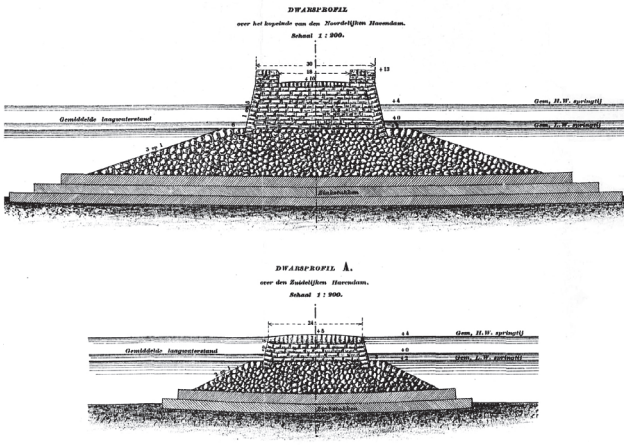
(2) 来日後に掲載された最初の報告書

Mulder が日本に関する意見を最初に掲載したのは，オランダへと一時帰国した際の報告書「KORTE MEDEDEELINGEN OVER JAPAN EN MEER BEPAALD OVER DE VOORNAAMSTE HAVENS」であった．この報告書には，導入として明治維新後の動向として御雇外国人による近代化を日本が求めていることや，日本の港や地形に関する情報が記述されていた．港の情報として，Mulder は日本の港は一年中安全に停泊することができる港がかなり限られていること，外国との貿易が許可されている港が僅かしか存在しないことを説明した．

次に，Mulder はオランダ人土木技師が関わった 8 箇所の港湾事業（横浜/東京/尾張/神戸/大阪/徳島/高知/野蒜）についてそれぞれ報告している．中でも，Doorn による築港事業が失敗に終わり，再設計を踏まえた調査に関わ



図–2 エジプトで Mulder が関わった建築の外観と配置図



図–3 Mulder が設計した東京湾築港の防波堤

った野蒜港と，Mulder が強く実現することを提案していた東京港に関して，より詳細に説明がされていた．

Mulder の東京築港計画に関しては，設計内容[32]や東京市区改正調査委員会における議論の内容[33]に関する資料はすでに明らかにされているが，この報告書には，前述の資料には添付されていない堤防の図面が計画案の説明と共に掲載されていた（**図–3**）[34]．図面より，堤防の設計には石材や粗朶などの自然素材が主として使われていることがわかる．最終的に Mulder による東京築港は実現していないが，図面などを含め，詳細な段階まで設計してい計画を推進していたことを伺うことができる．

(3) 帰国後に掲載された最初の報告書

1890（明治 23）年にオランダへと帰国した Mulder は，「EEN DRIETAL ZEESTRATEN VAN DEN JAPANSCHEN」を雑誌に掲載させた．この報告書は，Mulder が関わった

３つの事業（下関海峡，三角築港，児島湾）についてそれぞれ調査・設計の内容およびその図面が記述されていた．下関海峡の事業については，予算不足により事業が進まない様が報告された．一方で，三角の事業は順調とされ，単なる港湾開発ではなく，陸路や新市街地建設も含めた港湾都市開発事業であり，Mulder の設計技術が非常に多岐に渡ることを知ることができる事例である．

報告書中では，三角築港に関して事業実現の経緯，調査の方法，対象地を百貫から三角へと変更した理由などが詳細に述べられた．当初，事業を依頼した熊本県は県都である熊本市近郊の百貫に近代港湾をつくることを望んでいたが，Mulder は百貫で築港事業を実現させるにはより高額な事業費がかかることなどを理由として，三角築港を代案として提出した．Mulder は，三角であれば海峡の水深や風向きが条件として良く，道路や鉄道を新設するで熊本市とのアクセスも良くなると考えた．

三角港の埠頭に位置する岸壁の素材には自然石を用いて設計されており，敢えてモルタルなどの近代的な素材を用いていないことが説明されている（**図–4**）[35]．その理由を Mulder は以下のように報告している．

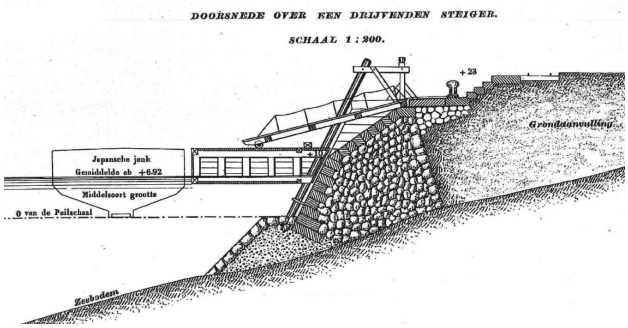
…Daar graniet van uitstekende kwaliteit, in onbeperkte hoeveelheid en in de onmiddellijke nabijheid van het werk (van een van de rotsen nabij den zuidelijken ingang der straat) verkrijgbaar was, en daar verder de arbeidsloonen in die streken) verbazend laag waren, zoo bleek de bovengenoemde constructie van den kaaimuur de meest economische, die kon worden toegepast. …【…なぜなら，事業現場近く（海峡の南側に位置する入口近く）より高品質の花崗岩を無制限に運び，利用することが可能であり，さらにこの地域の（※労働者に対する）賃金は驚くほど低かったので，岸壁に石材を使用することができた．これが最も経済的だったのである．…】

前述したエジプトでの状況とは対照的に，三角の事業では現場近くに良質な自然石が多く，欧州から輸入することなく豊富に用いた設計を行うことが可能であった．

さらに，Mulder は三角の事業において，後に世界遺産として認定されるエリアとなる水路を通した新市街地の建設，そして実現には至らなかったものの，鉄道建設なども計画した総合的な都市設計を行なっていた．特筆すべきは，築港事業も含めた総合計画を一度に実現することを不可能と考えたMulderが，港として機能するための最低限の事業（道路建設含む）を実現させ，貿易や交通量が増えた後に事業を完遂する段階的な計画を施していたことである．

(4) Mulder による最後の報告書

1895（明治 28）年，Mulder が帰国してから 5 年後に，



図–4 自然石を豊富に用いた岸壁の設計（三角港）

報告書「EEN EN ANDER OVER HET JAPANSCHE RIJK」が掲載された．この報告書は，前述した３点の報告書がオランダ王立技術協会から発行されていたこととは異なり，歴史や民俗学に関する専門誌に掲載されていた．このことに関してMulderは，報告書の冒頭に，日本の地形や水環境，港，オランダ人土木技師が関わった事業の紹介を目的として執筆を依頼されたことを述べた．その冒頭の紹介通り，Mulder はまず日本の地形や海流，気温，樹木の種類，災害などの情報を説明した．

次に，オランダ人土木技師らが関わった河川・港湾事業を紹介するとともに，彼らの立場についても説明された．Mulder は，オランダ人技師の立場について，特に河川改修を依頼され，その対策として治山事業を併せて行った例を挙げながら，彼らが限られた資金しか用意されておらず，ローコストでハイクオリティの成果を出すことに勤めていたことを説明した．

また，関わった事業の中には，コスト面で反対されることもあり，日本の事業に対する資金不足を嘆いた．

加えて，Mulder はこの報告書で自身も委員を務めた横浜港の改修計画に関して言及した．特に，Palmer（イギリス人技師）がコンクリートを用いた防波堤を提案していたことに対して，重すぎるため危険だと判断していた．加えて，日本ではまだコンクリートの品質が不十分であり，適していないことも記述した．

横浜港の意見に関しては，委員として意見書を国に提出したさいにも，Plamer の工事は総合的に見て予算内で実行することはできないと報告していた[36]．

5. まとめと考察

本研究は，オランダで発見した新史料をもとにして，オランダ人土木技師Mulderが日本で事業を実施するためにどういった理念を抱いていたのかを明らかにすることを目的とした．本研究の成果は以下の通りである．

Doorn ら最初のオランダ人土木技師が来日した際には，彼らの基準で技術者と呼ぶことができる人材は皆無であり，それゆえに日本人が習得することのできる材料や技

術を用いて設計を行なっていたと考えられる.

Mulderは，エジプトに関する報告書より，建築に関する知識も有しており，また欧州の素材や技術を他国で採用するためには，多額の事業費が必要となることを経験し，把握していた.

来日後，オランダ人技師らはモルタルや鉄材などの近代技術を使った設計を行うことも可能であったが，日本には良質な粗朶や石などの自然素材が豊富であり，それらを使った設計を多く行なっていた.

三角港の計画案で示されたように，Mulderは港湾の機能や新市街地の設計，鉄道敷設の立案など総合的な計画を行うことが可能であり，かつコスト面に配慮した実行計画を提示していた.

横浜港の事業でコンクリートの使用を提案したPlamerを予算や品質（技術）面で反対するなど，限られた予算や技術のもとで実現可能な計画を模索していた様を伺うことができる.

総じて，Mulderは水理学のみを扱う技術者ではなく，建築や都市設計（市街地や鉄道敷設）に関する知識も有しており，総合的な計画立案を行うことができる人物であった．それゆえに，工費を抑え，且つ日本に適した技術として粗朶などの自然素材を用いて設計することを理念としていたと評価することができる.

尚，Mulderの報告書中で述べられている詳しい設計内容に関しては，発見した図面と併せて別稿にて研究成果を示すことを予定している.

謝辞：本研究で分析に用いたオランダ語の文献について，専門用語の翻訳はデルフト工科大学土木工学科Astrid van Leeuwen氏に多くをご助力頂いた．記して謝意を表す.

参考文献

1) 村松貞次郎：お雇い外国人‐建築・土木，鹿島出版会，1976.3.29など.
2) 土木学会：日本の近代土木遺産（改訂版）−現存する重要な土木構造物 2800 選−，土木学会出版，2005.12
3) UNESCO：Decisions adopted by the World Heritage Committee at its 39th session, 2015.
4) 廣井勇：日本築港史，丸善株式会社，1927.5.22
5) 島崎武雄：明治初期の日本におけるオランダ人技師による港湾工事，『デ・レーケ研究 12 号』（2002.12）に所収.
6) 上林好之：日本の川を甦らせた技師デ・レイケ，草思社，1999.12.3
7) 梅渓昇：お雇い外国人の研究 下巻，青史出版株式会社，2010.9.10
8) Gasteren, L.：In Een Japanse Stroomversnelling, euro book productions, 2000を参考に筆者作成.
9) 前掲：日本の川を甦らせた技師デ・レイケ，草思社，1999.12.3
10) 達邑容吉：砂防工及粗朶工，青山安保,1889.4.17
11) 前掲：日本築港史，丸善株式会社，1927.5.22
12) 前掲：日本の川を甦らせた技師デ・レイケ，草思社，1999.12.3
13) 前掲：In Een Japanse Stroomversnelling, euro book productions, 2000
14) 伊東安男：蘭人工師エッセル 日本回想録，出口印刷株式会社，1990.7.1
15) 前掲：日本の川を甦らせた技師デ・レイケ，草思社，1999.12.3
16) 建設省中部地方建設局木曽川河流工事事務所：デ・レーケとその業績，愛神株式会社，1987.10.9
17) 星野裕司，北河大次郎：三角築港の計画と整備，土木史研究論文集，Vol.23，pp.95-108，2004
18) 建設省岡山河川工事事務所：A.T.L.R.Mulder の報告書及び関係文書，建設省河川工事事務所，1998.3
19) 前掲：A.T.L.R.Mulder の報告書及び関係文書，建設省河川工事事務所，1998.3
20) 前掲：A.T.L.R.Mulder の報告書及び関係文書，建設省河川工事事務所，1998.3を基に筆者作成.
21) 日本河川協会：利根川（自妻沼 至海）改修計画書，1886.4.7，『A.T.L.R.Mulderの報告書及び関係文書』に所収.
22) 国立国会図書館所蔵：熊本県下三角築港計画復命書，1882.3.18，『A.T.L.R.Mulder の報告書及び関係文書』に所収.
23) 西脇千瀬：幻の野蒜築港, 2012.12.30など
24) 横浜都市発展記念館：港をめぐる二都物語 江戸東京と横浜，佐藤印刷所，2014.1.25など.
25) De Ingenieur：INGEZONDEN STUKKEN，1887.2.24
26) Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs：HET NEDERLANDSCHE HANDELS-ETABLISSEMENT TE PORT-SAID，1877
27) Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs：KORTE MEDEDEELINGEN OVER JAPAN EN MEER BEPAALD OVER DE VOORNAAMSTE HAVENS, 1888
28) Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs：EEN DRIETAL ZEESTRATEN VAN DEN JAPANSCHEN，1893
29) Tijdschrift voor geschiedenis, land-en volkenkunde：EEN EN ANDER OVER HET JAPANSCHE RIJK，1895
30) 前掲：HET NEDERLANDSCHE HANDELS-ETABLISSEMENT TE PORT-SAID，1877に所収．筆者加工.
31) 三国町：三国町百年史，三国町百年史編纂委員会,1989.3.15
32) 東京湾築港ニ関スル意見書，1881.8.20，『A.T.L.R.Mulderの報告書及び関係文書』に所収.
33) 東京市役所：東京市史稿 港湾編 第四，東京印刷株式会社，1926.12.22
34) 前掲：KORTE MEDEDEELINGEN OVER JAPAN EN MEER BEPAALD OVER DE VOORNAAMSTE HAVENS，1888に所収．筆者加工.
35) 前掲： EEN DRIETAL ZEESTRATEN VAN DEN JAPANSCHEN，1893に所収．筆者加工.
36) 国立公文書館所蔵：工師ムルデル横濱築港計画意見摘要，1888

(2019.4.8受付)

道路空間再編のデザイン手法に関する検討

国土交通省国土技術政策総合研究所　社会資本マネジメント研究センター緑化生態研究室　○西村亮彦
国土交通省国土技術政策総合研究所　社会資本マネジメント研究センター緑化生態研究室　舟久保敏

１．はじめに

近年、少子高齢化や人口減少社会の本格的な到来をはじめ、わが国の都市を取り巻く社会情勢が大きく変化する中、都市再生や中心市街地の活性化、観光振興等の一環として、まちなかの道路空間について、空間再編を通じて公共空間としての多様な機能をバランス良く発揮させることが求められている。既成市街地における道路空間再編にあたり、元の道路幅員を維持したまま幅員再構成や施設更新等によって多様なモビリティ・アクティビティの共存を図ることが基本となるが、事業目的や計画・設計条件に応じた空間構成の考え方は整理されていない。

そこで、道路空間再編の先行事例の調査・分析を通じ、多様化する新たなニーズに対応した空間構成の考え方を整理するとともに、具体的なデザイン上の留意事項を整理し、まちなかにおける交通機能と空間機能が両立した道路空間の計画・設計手法について調査・研究を実施している。

２．調査・研究の流れ

近年における道路空間再編の動向を把握するため、2000年以降に供用開始したものを中心に、国内外における道路空間再編の取り組み事例を120件選定し、事業の背景・目的、沿道の土地利用、道路規格や交通量等の計画･設計条件に関するデータ､及び幅員構成や歩車分離方式等の空間構成に関するデータを収集した｡次に、120事例の横断的なレビューを通じ、機能・空間形態に基づくデザインパターンを抽出し、各デザインパターンの採用にあたり考慮すべき諸条件、期待される効果､計画･設計上の技術的な留意事項の検討を行った。市街地における道路空間再編に適用されるデザインパターンとして、1）歩行者優先空間の整備、2）歩車共存空間の整備、3）公共交通空間の整備、4）自転車走行空間の整備、5）沿道と協調した道路空間の整備の5分類、計13パターンを抽出した。（図-1）各デザインパターン別の技術的な留意事項の検討については、関連分野の有識者との意見交換を実施した。

図-1　道路空間再編のデザインパターン

３．研究成果

(1)　デザインパターン別の技術的事項の整理

1）歩行者優先空間の整備については、歩行者空間を快適にするための幾何構造、緊急車両や荷捌き車両の進入を確保するための可動式車止めや駐停車スペースの配置、滞留空間を快適にするためのファニチャー類の配置や形状、イベント時等の使い勝手を高めるための給電・給排水装置等の配置などの工夫が見られた。

2）歩車共存空間の整備については、歩行者に優先権を与えながら、自動車と歩行者の円滑で安全な通行を確保することがポイントとなるため、自動車走行速度を抑制するための狭さく、ハンプ、シケイン等、視覚的・物理的デバイスの工夫が見られた。（図-2）

3）公共交通空間の整備については、公共交通の利便性を高めるための停留所の配置や形状、滞留空間・歩行者空間を緩やかに区分するための街路樹や附属物の配置、自動車・自転車交通を振り分けるためのネットワーク計画等の工夫が見られた。（図-2）

4）自転車走行空間の整備については、自転車による広範な移動を確保するための専用レーンによるネットワーク計画、自転車の利便性を向上させるための沿道と連携したシェアサイクルや駐輪場の設置、公共交通との交錯を回避するための停留所の配置や形状等の工夫が見られた。

5）沿道と協調した空間整備については、歩行者空間を快適にするための舗装材の選定、滞留空間を快適にするためのファニチャー類の配置や形状、良好な景観・環境を形成するための植栽の配置や附属物の配置・形状等の工夫が見られた。

歩車共存空間の整備における自動車走行速度を抑制するための工夫

舗装パターンによるイメージ狭さく

地上機器を上手く活用したシケイン

公共交通空間の整備における公共交通の利便性を高めるための工夫

バス停と連結したLRT停留所の配置

テラス型バス停による空間の確保

図-2　デザイン上の技術的事項の例

(2) デザインパターンの選定フロー作成

デザインパターンの選定にあたり、歩行者・自転車・自動車・公共交通の利用状況や現道の幅員構成、沿道における土地利用の状況、地域資源の有無、地域交通の状況など、考慮すべき条件が多岐にわたることから、どのデザインパターンが最適であるか、判断が難しい場合も少なくない。そこで、各デザインパターンに該当する取り組みにおける事業の背景・目的や計画・設計条件の横断的なレビューに基づいて、事業の狙いと制約条件に応じたデザインパターンの選定フローを作成した。本フローは、どのような場合にどのデザインパターンが適しているのかを分かりやすく示した、意思決定の補助ツールとして活用されることを狙いとしたものであるが、個々の道路・地域はそれぞれ固有であることから、候補と考えられるデザインパターンについて、採用にあたっての条件や具体的なデザイン場の留意事項を確認の上、最終的な判断をすることが望ましい。

4．成果の公表

本研究の成果は、まちなかにおける人間本位の道路デザインの基本的な考え方とともに、各デザインパターンの採用にあたり留意すべき計画・設計上の技術的事項を、パースや図面を用いながら分かりやすく解説したデザインガイドとしてとりまとめ、国土技術政策総合研究所ＨＰで一般公開している。（図-3）

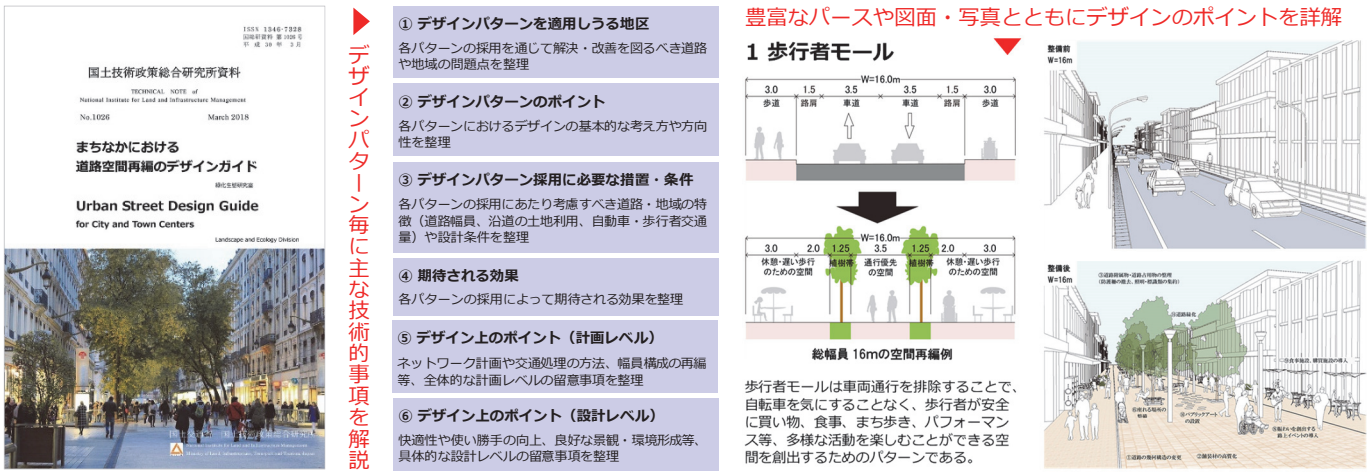


図-3　国総研資料第 1026 号「まちなかにおける道路空間再編のデザインガイド」のイメージ

(http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1026.htm)

土木学会
土木学会論文集（2019）D2，75(1)：67-80

土木学会論文集D2(土木史), Vol. 75, No. 1, 67-80, 2019.

明治・大正期の電気軌道敷設と都市基盤形成
—1900-1920 年開業の地方 16 都市を対象として—

岩本　一将[1]・山口　敬太[2]・川崎　誠登[3]・川﨑　雅史[4]

[1]学生会員　京都大学大学院　工学研究科　博士後期課程（現所属：正会員　国土交通省
国土技術政策総合研究所　緑化生態研究室）（〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地）
E-mail: iwamoto-k92cs@mlit.go.jp

[2]正会員　京都大学大学院准教授　工学研究科（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1）
E-mail: yamaguchi.keita.8m@kyoto-u.ac.jp

[3]非会員　山梨県　県土整備部　峡東建設事務所（〒400-8501 山梨県甲府市丸の内一丁目6番1号）
E-mail: kawasaki-uzwp@pref.yamanashi.lg.jp

[4]正会員　京都大学大学院教授　工学研究科（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1）
E-mail: kawasaki.masashi.7s@kyoto-u.ac.jp

本研究は，1900-1920年に電気軌道が開業した地方16都市を対象として，都市構造，事業形態，経営戦略の視点より路線選定の意図および特徴を分析し，電気軌道敷設による都市基盤形成の特質を明らかにした．成果は以下の通りである．1）路線選定について，沿線施設の特徴や市外線の有無より「市内完結」，「市域外遊覧地接続」，「都鄙連絡」の3傾向があったことを示した．2）電気軌道の輸送規模は各都市の人口と強く関係し，人口9万以上の都市では市内で完結し，人口8万以下では市外線が設けられたことを示した．3）民間資本による経営戦略を背景に，各都市の第一期計画路線は，鉄道や港等の交通拠点，官庁施設や中心市街地，娯楽施設を一本もしくは複数本で効率よく接続する選定がされたことを示した．

Key Words : *modern local cities, electric tramway, urban form, transport, infrastructure management*

1.　研究の背景と目的

日本の都市空間の形成原理を理解する上で，1919 年（大正 8）年の旧都市計画法下の都市計画は重要な主題である．また，その基礎としての近世までの都市構造（主として城下町）の形成原理の理解も欠かせない．しかしながら，近世的都市から近代的都市への転換期であり，徒歩や牛馬による交通から鉄道や軌道等の近代的交通へ変化する 1900-1920 年の都市形成に対する理解は未だに十分ではない．自動車交通の普及以前の 1900-1920 年において，都市（市街地）改造の契機となったのは電気軌道の敷設であった．地方都市における軌道路線は，費用の関係から一本から数本に限定され，旧都市計画法下の網目状の街路網計画とは異なり，非常に集約的なインフラ投資であり，これが後の都市形成にも大きな影響を与えた．また，これらが六大都市を除いて全て民間資本によって整備されたことは，その形成原理を理解する上で重要な点であり，事業面の意図がその計画に大きく影響したと考えられる．

都市内の電気軌道敷設は，六大都市から進められたが，道路拡幅事業の財源として利用されるなど，その事業手法も特筆すべきものであり[1]，また，都市のスプロール化[2]を促進させるなど都市形成に大きな影響を与えた．一般に，軌道事業は 1890（明治 23）年に公布された「軌道条例」により認可された事業を指す．また，「公共道路上ニ敷設」[3]されるために「公共的にして且つ獨占的事業」[4]とされ，電気軌道の路線選定は必然的に道路網との関わりが大きかった[5]．

地方都市の電気軌道敷設は，その路線形態も事業手法も六大都市とは大きく異なるものである．たとえば池上らは，地方都市においては大都市のような郊外開発や住宅地形成は必ずしも進められていないことを示した[6]．また，岐阜[7]や金沢[8]，和歌山[9]においては電気軌道敷設と都市形成の関係が明らかにされているが，これらの先行研究が示すのは，近代化を目指す各都市の電気軌道は，各都市固有の輸送需要に対応する形で実現し，拠点間の連絡と都市内の新たな輸送動線の軸をつくり上げ，都市の骨格軸を形作ったことである．また，その都市軸は

1919（大正 8）年の旧都市計画法制定以降へと継承された．このように各都市の都市骨格を形成した電気軌道が，どのような輸送需要や計画主体の意図が反映されて敷設されたかを読み解くことは，土木史・都市史研究における重要な研究課題である．

電気軌道の事業計画については，地元の電力会社社長が電気軌道事業へ出資していたこと[10]や，六大都市のような大都市を中心として投機目的の軌道事業が計画されていたこと[11]などが，地域史や事業史の側面より明らかにされている．一方，電気軌道の路線選定が，都市の構造や事業形態，経営戦略とどのように結びついていたかについては十分に明らかにされておらず，この視点より考察することに本研究の独自性がある．

以上をふまえ，本研究では，地方都市における先駆的な電気軌道事業である 1900-1920 年に開業した 16 事例に着目し，各電気軌道事業の路線選定の特徴を明らかにするとともに，その事業形態や経営戦略の観点から軌道敷設ならびに都市形成の意図を考察し，電気軌道敷設による都市基盤形成の特質について明らかにすることを目的とする．

そこで本研究では，電気軌道事業の各都市における特徴を考察するために，以下の 3 つの視点に着目する．

第一の視点は「都市構造」である．当時の市役所や県庁，港，鉄道などの主要な都市施設の位置を把握した上で，電気軌道がどういった施設との接続を重要視したのかを分析し，電気軌道敷設地の都市構造に対する路線選定の特徴を明らかにする（3 章）．

第二の視点は「事業形態」である．各事例の事業内容に着目し，電気軌道事業の関係主体，市街地改造事業との関わり，輸送事業の種類，営業目的，軌道の軌間，敷設された都市の人口規模より，電気軌道の事業形態の特徴を明らかにする（4 章）．

最後に，電気軌道が事業として成立するために必要であった「経営戦略」の視点に着目し，事業形態と都市構造の関係について考察を行う（5 章）．すなわち，どのような都市機能や施設との接続を重要視して軌道敷設が意図されたかを読み解くことで，電気軌道敷設における路線選定の特徴を明らかにする．

2. 本研究の分析対象と研究史料

(1) 分析事例と手法

本研究では，地方都市の都市基盤形成と電気軌道の関係を分析するために，以下の 4 項目に該当する事例を研究対象とした．

（一）軌道法が公布される 1921 年の前年に当たる 1920 年までに開業した電気軌道事業を対象とした．

（二）電気を動力として開業し，鉄道事業との併用路線を持たない軌道事業を対象とした．そのため，軽便鉄道から改軌した「伊予鉄道」や国鉄と一部併用軌道で開業した「大津電車軌道」，馬車軌道で開業した「函館馬車鉄道」などは分析の対象外とした．

（三）県庁所在都市もしくは 1920 年時点で人口 10 万人を超えていた都市を事業の対象地として開業した軌道事業を対象とした．ただし，九州電気軌道は，開業時に門司市と小倉市を通っており，2 都市で人口が 10 万人を越えるため対象とした．

（四）六大都市（東京市・横浜市・名古屋市・京都市・大阪市・神戸市）と接続する軌道事業は本研究対象から除いた．

上記の 4 項目には 16 事例が該当し，これらを本研究の分析対象とした．各分析対象事例については，国立公文書館所蔵の一次史料である「鉄道省文書」[1]を中心として，「市史」[2]と「事業史」[3]，「市議会史」[4]，そして測量図[5]などの資料を用いて分析を行った．また，分析に不足しているデータを補うために，各種統計資料で補足した．

対象とする 16 事例それぞれの開業年は以下の通りである（**表-1**）．研究対象には豊洲電気鉄道のように，京都電気鉄道の開業以前からすでに電気軌道事業の免許を得るなど，全国的にかなり早い段階から電気軌道事業を計画していたものも存在した．また，これら 16 事例は地方都市における初期の電気軌道事業と位置付けることができ，中でも豊洲電気鉄道や土佐電気鉄道，和歌山水力電気のような先駆的な事例は，免許取得から開業までに多くの時間を有している（**表-1**）．これは，先駆的事業であるがゆえに開業に必要な技術者や資金出資を行う実業家が地方都市に不足していたことや，日露戦争による材料高騰，資金不足などが影響していたと考えられる．

(2) 分析対象の「第 1 期計画路線」について

電気軌道事業と都市基盤形成との関わりを論じるために，開業時に計画されていた軌道の路線選定や沿線施設，関係主体，営業目的，軌間，事業規模などについて分析を行った．分析する項目について，本研究では以下の視点により各項目を定め，分析を進めた．

（一）本研究では，会社が開業するまでに申請した計画路線の中で実現した軌道路線を「第 1 期計画路線」と定義し，分析の対象とした．ただし，開業前に特許を得ている場合においても，軽便鉄道への改軌によって実現した場合などは，該当路線を分析対象から除外した．

（二）「沿線施設」について，電気軌道開業時に「第 1 期計画路線」の沿線約150m以内[6]に位置している

施設を分析対象とした.

(三) 電気軌道が敷設された都市の市域内の路線を「市内線」，市域外の路線を「市外線」と表現した.

(四) 事業の関係主体に関して，各分析対象都市における県内在住の実業家を「地元」，県外在住の実業家を「外部」と表現した．そして，「計画主体」は会社設立の経緯に深く関わる場合や発起人であること，「経営主体」は株式への出資者や役員であることに着目してそれぞれ考察した.

(五) 「営業目的」に関しては，主に鉄道省文書に所収されている「企業目論見書」より読み取った．ただし，一部の事例では史料が不足していたため，各事例の『市史』や『事業史』も補足的に用いて分析した.

上記の方法により，各事業の規模や営業目的を整理した結果を**表-2**に示す．また，**表-3**に各「第1期計画路線」の沿線に位置する施設を示した．これらをもとに，都市構造，事業形態，経営戦略の視点から分析と考察を行う.

3. 電気軌道事業の基本形と都市構造

(1) 路線選定の基本形に関する考察

本章では第1期計画路線の路線選定を取り上げ，都市構造に対する路線選定の特徴を考察する．具体的には，電気軌道敷設時の沿線施設やその規模より，路線選定時にどのような空間と接続することが重要視されていたのかを考察する.

表-1 本研究で対象とする16事例の開業年次

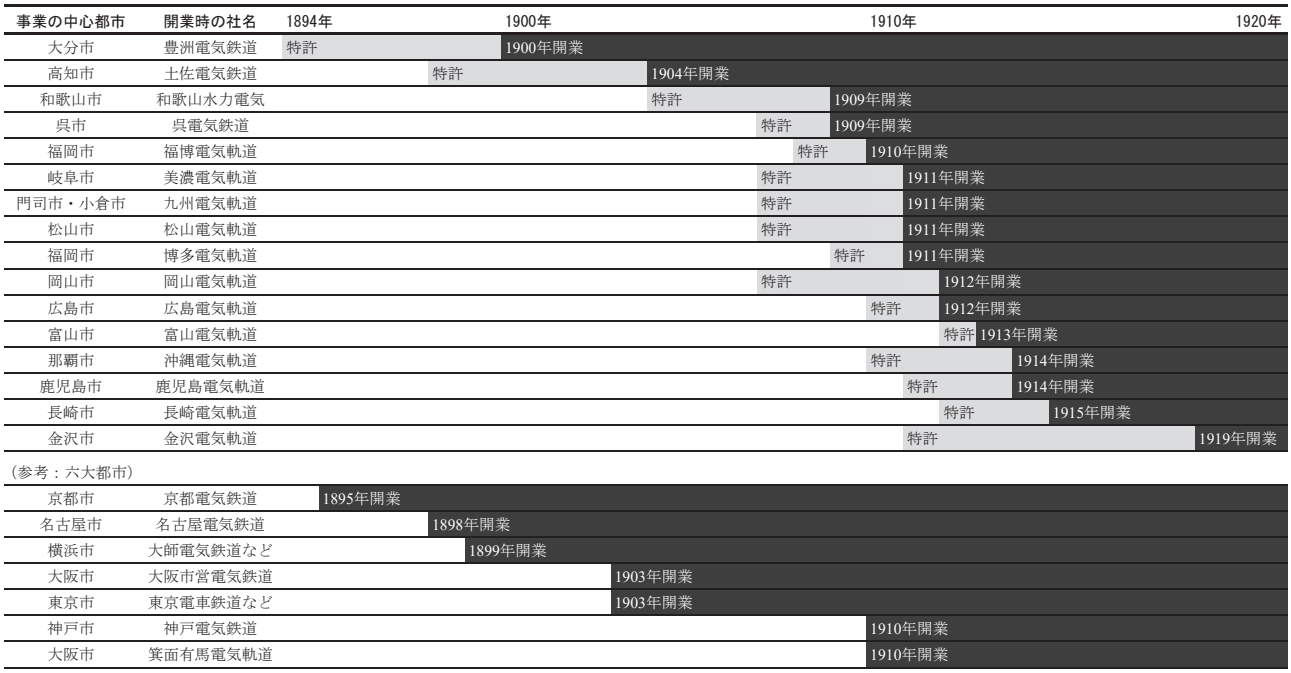


表-2 本研究で対象とする16事例の事業内容とその規模

会社名	資本金(円)	路線長(km)	軌間(mm)	営業の目的	旅客輸送	貨物輸送	市外線	見込み乗車数(人/日) ※1	見込み貨物量(kg/日) ※1	経営主体	計画主体
豊洲電気鉄道	160,000	10.6	1067	一般運輸/電灯電力	○	○	○	–	–	地元・外部	地元・外部
土佐電気鉄道	100,000	15.2	1067	一般運輸/電灯電力	○	○	○	–	–	地元	地元
和歌山水力電気	350,000	11.6	1067	一般運輸/電灯電力	○	–	○	–	–	地元・外部	地元
呉電気鉄道	300,000	3.4	1067	一般運輸/電灯電力	○	–	–	–	–	地元・外部	地元
福博電気軌道	600,000	8.2	1435	一般運輸/不動産	○	–	○	10,680	–	地元・外部	外部・官(市)
美濃電気軌道	500,000	27.4	1067	一般運輸/電灯電力	○	○	○	2,112	101,250	地元・外部	地元
九州電気軌道	250,000	34.7	1435	一般運輸/電灯電力/不動産	○	–	○	–	–	地元・外部	地元・外部
松山電気軌道	310,000	10.7	1435	一般運輸/電灯電力/不動産	○	○	○	–	–	地元・外部	地元
博多電気軌道	1,500,000	8.0	1435/1067	一般運輸/倉庫業	○	○	○	1,500	※2	地元・外部	地元
岡山電気軌道	1,000,000	3.9	1067	一般運輸/電灯電力	○	–	–	–	–	地元・外部	外部
広島電気軌道	3,000,000	9.7	1435	一般運輸/電灯電力	○	–	–	–	–	地元・外部	地元
富山電気軌道	230,000	5.5	1067	一般運輸	○	–	–	4,000	–	地元	官(県)
沖縄電気軌道	500,000	6.9	1067	一般運輸/電灯電力	○	–	○	–	–	地元・外部	外部
鹿児島電気軌道	1,000,000	10.7	1435	一般運輸/電灯電力/不動産/土木請負	○	○	○	9,180	54,432	地元・外部	地元
長崎電気軌道	500,000	3.5	1435	一般運輸/電灯電力/不動産/土木請負	○	○	–	8,100	※2	地元・外部	地元・外部
金沢電気軌道	1,500,000	12.2	1067	一般運輸/不動産	○	–	–	–	–	地元・外部	地元・外部

※1：『鉄道省文書』に収所されていた収支予測に関して，記載があった事例について記述している.

※2：貨物輸送の予想収支に関して，金額のみ記載されており，量を把握することができなかった事例.

表-3 各電気軌道事業に位置する沿線施設

会社名	(市域内)												(市域外)	
	中心市街地※1	鉄道	市役所	県庁	城※2	遊郭	共進会会場	庭園/公園	軍事施設	病院	高等教育機関※3	港	市外遊覧地	周辺町村
豊洲電気鉄道	○	–	○※4	–	–	–	–	–	–	–	–	○	○	–
土佐電気鉄道	○	–	○	–	○	–	–	–	–	–	–	○	–	○
和歌山水力電気	○	○	○	○	○	–	–	○	–	○	○	○	○	○
呉電気鉄道	○	○	–	–	–	○	–	–	–	○	–	–	–	–
福博電気軌道	○	○	○	○	–	–	○	○	○	○	○	–	–	○
美濃電気軌道	○	○	○	○	○※5	–	–	○	–	–	–	–	–	○
九州電気軌道	○	○	○	–	○	–	–	○	○	–	–	–	–	○
松山電気軌道	○	–	○	○	○	–	–	–	○	○	–	○	○	○
博多電気軌道	○	○	○	–	–	○	–	–	–	–	–	○	–	○
岡山電気軌道	○	○	–	○	○	○	–	○	–	○	○	–	–	–
広島電気軌道	○	○	–	–	○	–	–	–	○	○	○	–	–	–
富山電気軌道	○	○	○	○	–※6	–	○	–	–	–	–	–	–	–
沖縄電気軌道	○	–	–※4	–	–	○	–	–	–	–	–	–	○	–
鹿児島電気軌道	○	○	○	–	–	–	–	–	–	○	○	○	–	○
長崎電気軌道	○	○	–	○	–	–	–	–	–	○	○	○	–	–
金沢電気軌道	○	○	○	○	○	–	–	○	○	○	○	–	–	–

※1:官庁施設や近世市街地の位置を参考に,「市史」や「事業史」,「測量図」より考察.
※2:城跡は除く.
※3:旧帝国大学/旧制高等学校/高等商業学校/旧制医学専門学校/旧制高等師範学校が該当.
※4:市政施行以前のため,町役場/区役所で考察した.
※5:山城であり城址公園が接しているため,沿線とみなした.
※6:本丸が県庁舎として利用されていたため,「県庁」として扱う.

まず各路線規模に着目すると，分析対象の 16 事例中，10km 未満の短距離路線が半数を占めていたことを確認した．ただし，開業時期や開業時の資本金と営業距離の関係性を読み取ることはできなかった．

つぎに，**表-3** で示された各電気軌道路線の沿線に位置していた施設を確認すると，全事例において「中心市街地」と接続していた．また 4 事例を除く全ての路線が「鉄道」との連絡を図っていた．連絡していない 4 事例の中で，豊洲電気鉄道と土佐電気鉄道，沖縄電気軌道の 3 事例については，電気軌道の開業時にはまだ鉄道が開通していなかった．一方，豊洲電気鉄道と土佐電気鉄道の事例においては，港と接続することで，既存の交通ネットワークとの連絡を図っていた．松山電気軌道に関しては，開業当時，国鉄は未だ松山を通っておらず，伊予鉄道による軽便鉄道が松山市を通っていた．松山電気軌道と伊予鉄道は道後温泉への旅客輸送において激しい競争状態にあったことから，競合相手である伊予鉄道との連絡を避けたと考えられる．沖縄の事例は一部例外的ではあるものの，各事例とも電気軌道開業時，既存の交通拠点（港・鉄道）との接続を図り，市内の交通網を充実させる路線選定が意図的に行われていた．

加えて，市役所や県庁といった官庁施設[7]も沿線施設として多くの事例で共通していた．これは，官庁施設が位置する官庁街が城下など中心市街地に位置していることが多く，電気軌道の利用客を多く見込むことができると考えられていたためだと捉えることができる．

また，遊郭や城などの都市域内の遊覧施設に接続する電気軌道も多く認められる．しかし，城郭に接続しない電気軌道路線も複数存在しているため，沿線に位置する施設としての一般性は前述の施設と比較して低い．病院や高等教育機関など，住民の日常的な利用を見込むことのできる施設も沿線に多く位置しているが，前述の娯楽施設と同様に，中心市街地や交通拠点，官庁施設ほどの一般性を有していたとはいえない．

以上をふまえて，地方都市における電気軌道の路線選定の基本形を以下の通りに定めた．すなわち，地方都市では電気軌道敷設に際して，交通拠点（港・鉄道）と官庁施設（市役所・県庁），中心市街地を繋ぐことで，既存の広域な交通ネットワークと中心市街地を接続させることが多くの事例で共通する基本的な路線選定の考え方であった．この基本形には，交通拠点および官庁施設と接続していない沖縄電気軌道，官庁施設と接続していない呉電気鉄道と広島電気軌道の 3 事例を除く 13 事例が該当していた．

(2) 路線選定の特徴

路線選定の基本形に加えて，市外線の有無および市外線が接続する施設の特徴を考慮して，分析対象 16 事例の第 1 期計画路線を以下の 4 タイプに分類した（**図-1**）．

一：市内完結（長崎/岡山/富山/金沢）
二：市域外遊覧地接続（豊洲/松山/和歌山）
三：都鄙連絡（鹿児島/福博/博多/土佐/美濃/九州）
四：特殊形（呉/広島/沖縄）

また**表-3** で示した沿線施設を，利用者の属性や利用の目的を考慮して新たに「娯楽施設[8]：城，遊郭，共進会会場，庭園/公園」，「軍施設」，「生活施設：病院，高等教育機関」と設定したうえで各タイプの定義と特徴をまとめると以下の通りである（**図-2**，**表-4**）．

第一に「市内完結」型である．「市内完結」型は，敷設された電気軌道が対象となる地方都市の市域内で完結していた路線特徴を有する．長崎電気軌道と岡山電気軌道，富山電気軌道，金沢電気軌道の 4 事例が「市内完結」型に分類され，10km 未満の短距離路線が多く，全事例が鉄道駅を起点として，市内の官庁施設を経過して娯楽

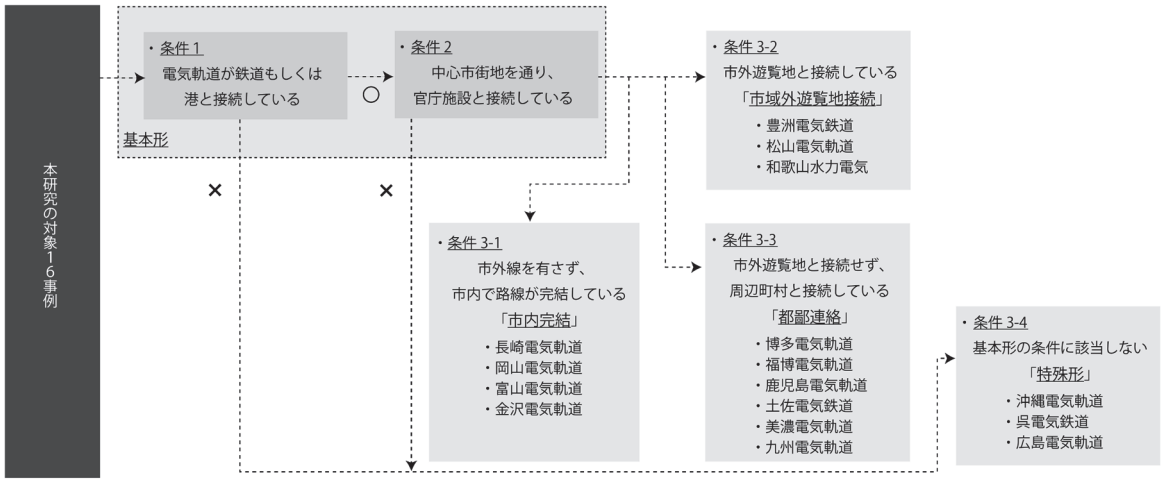


図-1　路線選定の特徴と分類

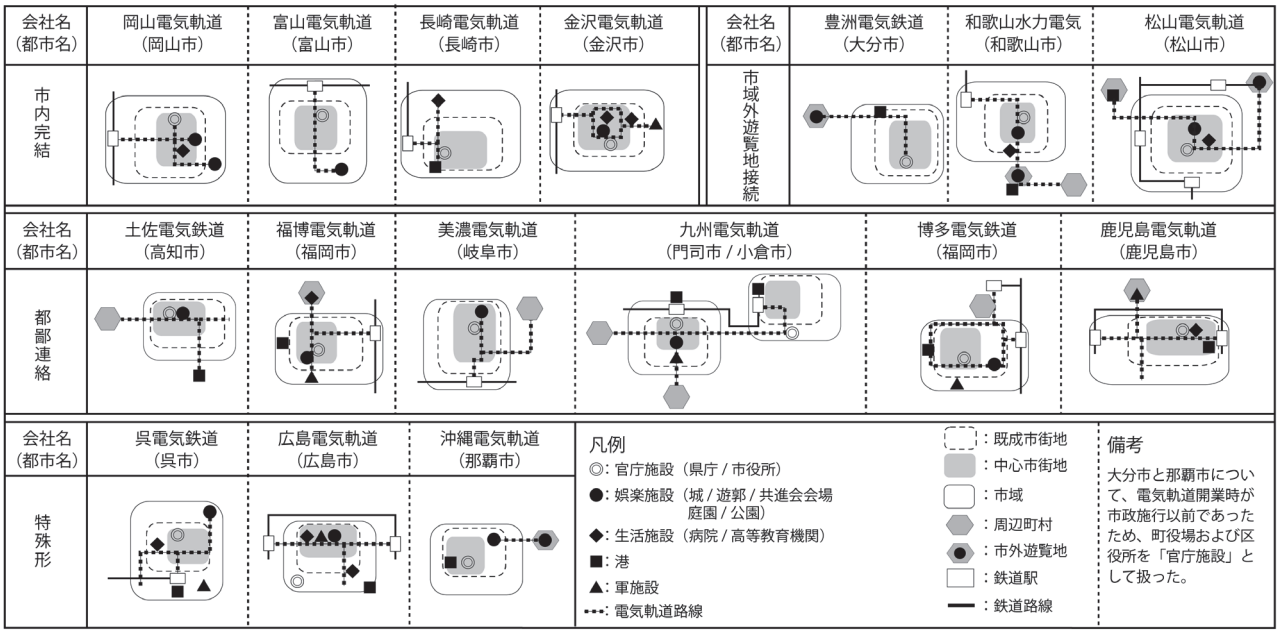


図-2　16事例にみる電気軌道の路線形態（概略図）

施設や軍施設，生活施設へと接続する軌道路線を形成していた．

第二は「市域外遊覧地接続」型であり，電気軌道路線が地方都市の市外に位置する遊覧施設へ接続している路線特徴を有する．豊洲電気鉄道と和歌山水力電気，松山電気軌道の3事例であり，距離別には10-20kmの中距離路線に全事例が該当している．3事例とも港へ電気軌道が接続していたことも特徴である．

第三は「都鄙連絡」型であり，その定義は市外線を有しており且つその市外線が遊覧地と接続することを目的としていないことである．土佐電気鉄道と福博電気軌道，博多電気軌道，九州電気軌道，美濃電気軌道，鹿児島電気軌道の6事例が該当する．長距離路線（20km以上）の2事例が該当する唯一の類型である一方で，10km未満の短距離路線も2事例該当している．

第四に「特殊形」である．これは，前述の基本形で示した路線選定に該当しない呉電気鉄道と沖縄電気軌道，広島電気軌道の3事例である．

4.　「第1期計画路線」と事業形態

(1)　事業内容とその狙い

本章では，**表-2**をもとに各会社の事業形態を明らかにする．具体的には，電気軌道事業の関係主体，市街地改造事業との関わり，輸送事業の種類，営業目的，軌道の軌間，敷設された都市の人口規模より，各事業形態の特徴を考察する．

a)　電気軌道事業の関係主体

分析対象の16事例中，関係主体に着目すると，本研究で取り扱う16事例は全て経営主体が実業家らによって開業していたことが特徴として認められる（**表-2**）．

表-4 「第1期計画路線」に見る各路線の特徴（特徴ごと距離順に記載）

会社名	路線長(km)	軌間(mm)	不動産事業	路線特徴	(市域内) 鉄道	官庁施設	娯楽施設	軍施設	生活施設	港	(市域外) 市外遊覧地	周辺町村
長崎電気軌道	3.5	1435	○	市内完結※	○	○	–	–	○	○	–	–
岡山電気軌道	3.9	1067	-	市内完結	○	○	○	–	○	–	–	–
富山電気軌道	5.5	1067	-	市内完結	○	○	○	–	–	–	–	–
金沢電気軌道	12.2	1067	○	市内完結	○	○	○	○	○	–	–	–
豊洲電気鉄道	10.6	1067	-	市域外遊覧地※	–	○	–	–	–	○	○	–
松山電気軌道	10.7	1435	○	市域外遊覧地※	–	○	○	○	○	○	○	○
和歌山水力電気	11.6	1067	-	市域外遊覧地	○	○	○	–	○	○	○	○
博多電気軌道	8.0	1435/1067	-	都鄙※	○	○	○	–	–	○	–	○
福博電気軌道	8.2	1435	○	都鄙	○	○	○	○	○	–	–	○
鹿児島電気軌道	10.7	1435	○	都鄙※	○	○	–	–	○	○	–	○
土佐電気鉄道	15.2	1067	-	都鄙※	–	○	○	–	–	○	–	○
美濃電気軌道	27.4	1067	-	都鄙※	○	○	○	–	–	–	–	○
九州電気軌道	34.7	1435	○	都鄙	○	○	○	○	○	–	–	○
呉電気鉄道	3.4	1067	-	特殊形	○	–	○	–	○	–	–	–
沖縄電気軌道	6.9	1067	-	特殊形	–	–	○	–	–	–	○	–
広島電気軌道	9.7	1435	-	特殊形	○	–	○	○	○	–	–	–

※は貨物輸送を計画していた事例を示す.

加えて，全事例において地元実業家の関与も確認することができる.

他方，唯一福博電気軌道と富山電気軌道の2社については計画主体として市と県が関わっていたことを確認した．この2事例は，共に共進会の開催に合わせて都市内の交通動線を整えることを目指して電気軌道の開業を計画した．それ故に事業の発起に市や県といった主体が関わったが，結果的に経営は民間資本によって行われたことが特徴である.

b) 市街地改造事業との関わり

次に市街地改造との関係について 16 事例を確認すると，電気軌道の敷設と合わせて市区改正委員会が設置され，市区改正事業の議論・実施を確認することができたのは美濃電気軌道と金沢電気軌道の事例のみであった．他にも，岡山電気軌道の事例では，電気軌道開通以前に市区改正委員が設置されて電気軌道敷設を利用した街路整備が計画されていたが，その実現には至っていない．また，電気軌道の敷設に伴う道路事業は土佐電気鉄道と福博電気軌道，長崎電気軌道の事例においても確認された．しかしながら，これらの事業が市区改正のような都市改造計画と結びついていた事実は確認できない．地方都市においては，京都や東京のように電気軌道事業により市街地改造を進めることは稀な事例であったといえる.

c) 輸送事業の種類

電気軌道事業の輸送事業については，旅客輸送のみを扱う事例と旅客輸送と貨物輸送の両方を扱う事例の2つを確認した．貨物輸送を扱うことが計画されていたのは7事例（約44%）であり，半数以上の事例が旅客輸送のみを扱っていた．分析対象の地方都市の中で「港」を有する都市は12事例ある一方で，接続していた事例は7事例（約58%）のみであった．この7事例中，貨物輸送を計画していたのは6事例（約86%）が該当し，唯一和歌山水力電気の事例が港と接続しているにも関わらず，貨物輸送が計画されていない．この点については筆者らの既往研究[12]において明らかになっており，和歌山水力電気が名勝地として有名な和歌浦および和歌浦港，和歌山市中心市街地，南海鉄道を繋ぐような路線を選定しており，貨物よりも旅客輸送に重点を置いていた．また，貨物輸送を計画した7事例の中で港と接続していないのは美濃電気軌道のみであった．しかしながら，美濃電気軌道の敷設地である岐阜市は内陸の都市であるため港が位置しておらず，その代わりに鉄道と接続して全国へと貨物を運んでいたことが既に明らかにされている[9].

d) 営業目的と軌間

電気軌道事業の認可を得る過程において，各主体は「企業目論見書」を提出することが必須であり，その書類には各事業の営業目的が記されていた．この『鉄道省文書』に所収されている「企業目論見書」を中心として，『市史』や『事業史』を補足的に用いてまとめた内容が**表-2** 中の「営業目的」である．富山電気軌道を除く 15 事例が一般運輸も含めた複数項目の営業目的を有していた．本研究では，特に郊外開発や市街地拡大と直接的に結びつくと考えられる不動産事業を計画していた6事例の軌間を取り上げる．『鉄道員年報』[13]によると，箕面有馬電気軌道をはじめとして，大都市を起点とする電気軌道会社（神戸電鉄，京都市電など）は 1435mm の軌間を採用していた．当時，国鉄は 1067mm を採用しており，1435mm は建設コストが高くなる一方で，輸送能力は広軌の方が優れているため，大都市の輸送需要に適応するために，1435mm を採用していたといえる．本研究で取り扱う中では，唯一博多電気軌道が 1067mm と 1435mm を併用しており，国鉄との接続を考慮して貨物線を 1067mm，旅客線を 1435mm と使い分けていた．対象事例の中で 1435mm を採用しているのは7事例あり，その内

5 事例が市外線を有し，且つ営業目的に「不動産」事業が含まれている（**表-2**）．そのため，これらの 5 事例は，少なくとも他の地方都市の事例よりも電気軌道による移動の需要が多いと見越して，広軌を採用して電気軌道を敷設し，市外線の沿線に住宅地開発や娯楽地の建設を計画していたものと考えられる．

(2) 人口規模と市外線

前述の通り，不動産事業を計画していた事例においては，軌間と市外線の有無は重要な項目であった．しかし，市外線の有無のみに関して着目すると，必ずしも不動産事業と結びついていたわけではないことがわかる．事実，市外線を有する 9 事例の中で不動産事業を行なったのは 4 事例のみである．では電気軌道を市外へと展開した 9 事例はどのような事業形態もしくは都市の実情と結びついていたのだろうか．市外線を有することは必然的に軌道による輸送システムの効果が及ぶ範囲が広くなり，より多くの輸送需要に応えることができるようになる．

そこで，市外線の有無において，当時の電気軌道が敷設される以前の人口規模に着目して考察を行う．**表-5**[14]は，本研究で着目する都市の1903（明治36）年から1918（大正 7）年までの人口推移と市外線の有無を示している．大分市のデータのみ一部不足しており開業前の人口を読み取ることはできないが，1908（明治41）年時点で人口が約 3 万人であるため，開業時においてもそれを下回る人口であったと判断することが妥当だといえる．

表-5　各の開業年と対象都市の人口推移（人）

会社名	開業年	市外線	対象都市	1903年	1908年	1913年	1918年
豊洲電気鉄道	1900	○	大分市※1	-	29,547	38,905	43,842
土佐電気鉄道	1904	○	高知市	35,518	38,279	39,162	50,955
和歌山水力電気	1909	○	和歌山市	68,527	77,303	77,683	84,603
呉電気鉄道	1909	-	呉市	66,006	100,679	128,342	154,687
福博電気軌道	1910	○	福岡市	71,047	82,106	97,303	98,583
美濃電気軌道	1911	○	岐阜市	40,168	41,488	51,647	57,909
九州電気軌道	1911	○	門司市 小倉市	38,065 36,825	55,682 31,615	71,977 38,139	73,377 33,672
松山電気軌道	1911	○	松山市	37,842	44,166	45,189	58,346
博多電気軌道	1911	○	福岡市	71,047	82,106	97,303	98,583
岡山電気軌道	1912	-	岡山市	81,025	93,421	86,961	96,446
広島電気軌道	1912	-	広島市	121,196	142,763	167,130	162,391
富山電気軌道	1913	-	富山市	56,275	57,437	64,822	73,032
沖縄電気軌道	1914	○	那覇市※2	43,132	47,562	55,547	59,362
鹿児島電気軌道	1914	○	鹿児島市	59,001	63,640	75,907	92,306
長崎電気軌道	1915	-	長崎市	153,293	176,480	161,174	198,147
金沢電気軌道	1919	-	金沢市	99,657	110,994	129,804	158,637

※1：開業時は大分町．1911年に市制施行．
※2：開業時は那覇区．1921年に市制施行．

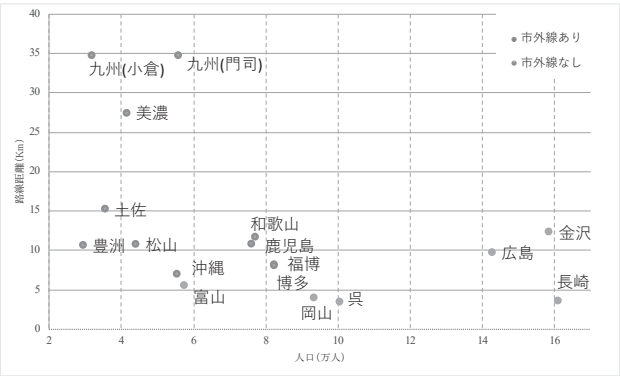


図-3　郊外線の有無と各開業前の人口の関係

図-3 は，電気軌道の路線距離と各都市で電気軌道が開業される以前の人口（**表-5** の黒帯部分）の関係性を示したものである．この図より，開業前の各都市の人口と市外線の有無が強く関係していた様を読み取ることができる．具体的には，福岡市の事例を境界として，約 8 万人以下の地方都市の事例は市外線を有しており，周辺町村との連絡を図っていた．ただし，16 事例中で富山電気軌道は唯一人口 8 万人以下で市外線を有していない事例である（**図-3**）．富山電気軌道の設立経緯を確認すると，富山市の共進会開催に併せて開業した事例であり，共進会終了後は急激に利益が減少していたため[15]，市外線の有無に関しては例外的な位置付けだといえる．

以上をふまえて，地方都市における電気軌道敷設については，約 9 万人を超える人口規模の都市においては市外線を敷設せず，約8万人を下回る人口規模の都市においては市外線も敷設してより広域な輸送需要に対応していたことが明らかになった．

5. 経営戦略から見た電気軌道事業の特徴

本章では，前章までの分析に加えて，電気軌道事業の収益に着目し，その経営戦略について考察を行う．収益に関して考察する理由として，軌道条例に沿って軌道事業の認可を得るためには，事業の申請時に「収支概算書」で利益を計上することが必須であったため，線路選択や事業内容にも必然的に影響を与えていたことが考えられるためである．以下，3 章で見出した 4 タイプごと事業内容を総合的に分析，考察する．

(1) Ⅰ：市内完結

富山電気軌道は，1913（大正 2）年に開催された共進会に合わせて電気軌道が計画された事例であり，知事が地元と外部の実業家へ呼びかけ，実現した路線である．そのため，敷設された電気軌道路線も国鉄富山駅から分岐し，市中心部を通って端部に位置する共進会会場へと繋がっていた．しかし，前述の通り，共進会終了後は利用者が激減し，県からの補助によって成り立っていた事例である．

岡山電気軌道と金沢電気軌道に関しては，共に鉄道駅を端点として中心市街地に位置する官庁施設を通り，城や遊郭などの娯楽施設，病院や高等教育機関などの

生活施設と連絡することで人々の移動を促している．岡山電気軌道に関しては距離も5km以内と比較的短く，国鉄岡山駅–城–県庁–病院–医学専門学校–遊郭–公園をつなぎ，岡山市内での集客を見込むことができる施設を効率よく選んでいることを確認できる．

一方，金沢電気軌道の沿線施設を確認すると，特徴は岡山電気軌道と似ているが，路線の距離が 12.2km と「市内完結」型の中で最長の路線を有する事例である．金沢電気軌道は，金沢城を中心として市内の中心市街地に環状の路線を開業させており，国鉄金沢駅–官庁施設–城–病院–医学専門学校–庭園–軍施設などを繋いでいることが特徴である．金沢市は人口規模も大きく，軍都としての特徴も有していたことから，市内を環状に繋ぐことで電気軌道事業の利益を充分に獲得することができると考えられていたといえるだろう．

長崎電気軌道は，当初案では市内を網羅的に繋ぐことを計画していたが，資金不足によってその計画を縮小し，病院・医学専門学校・工場–国鉄長崎駅–県庁–長崎港を繋ぐ路線のみを敷設して開業させた．本研究ではこの縮小された路線を「第 1 期計画路線」として捉えており，この路線が残った意図は，工場や病院で働く人の生活動線を確保し，安定した利益を生み出すことで，順次軌道を延長させていくことであった．また，長崎電気軌道は貨物輸送も行っていたため，運輸面で重要な港と鉄道を電気軌道で結び，旅客輸送のみではなく物流網の形成も狙っていたと捉えることができる．

以上のように，「市内完結」型の経営戦略の傾向として，人口規模が比較的多い都市であるため，都市内の旅客輸送を主とした輸送需要に応える事業展開の方針であったことを伺うことができる．また，3 章で明らかになった路線選定の基本形を踏襲しながら，富山と岡山，金沢の 3 事例は城郭など近世都市の核となっていた施設との接続を優先した一方で，長崎では中心市街地から離れた病院や工場との接続が重要であった．そのため長崎電気軌道は，他の 3 事例が観光動線としての側面を見出すことができることに対して，労働者や物流のための輸送動線として機能していたといえる（**図-4**[16]）．

(2) Ⅱ：市域外遊覧地接続

豊洲電気鉄道については，電気軌道開業時には鉄道がまだ開業しておらず，町役場（1911 年に市制施行で大分市となる）と港，温泉地として近世以前より有名な別府町を接続していた．加えて，豊洲電気鉄道は貨物輸送も行っていたことから，鉄道敷設以前の都市の玄関であった港と中心市街地間で旅客・貨物輸送を行うことで，いち早く陸路の輸送システムを整備することを狙ったと考えられる．

和歌山水力電気の事例に関しては，大阪–和歌山を繋ぐ南海鉄道の支線として南海鉄道和歌山市駅–和歌山市–和歌浦（港含む）–黒江町を和歌山水力電気の電気軌道が結んだ．和歌山水力電気は和歌浦港とも接続しており，和歌山の中心市街地と県庁前，和歌山城などの施設を通って和歌浦へと繋がる旅客輸送の機能には，観光動線としての位置付けも含まれていた[17]．

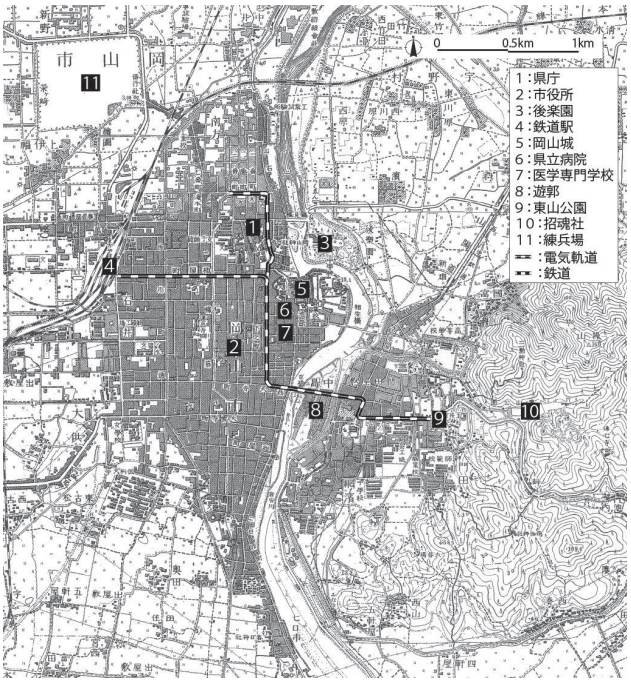


図-4　「市内完結」の岡山電気軌道（国土地理院「岡山北部」1916，「岡山南部」1916 を用いて筆者加工）

松山電気軌道に関しては，事業対象都市に鉄道駅があるにも関わらず，唯一接続していない事例である．その理由について前述の通りであり，競合相手の伊予鉄道を意図的に避けていたと考えられる．松山電気軌道は，三津浜港–松山市–道後温泉へと繋がる路線を開業しており，貨物輸送も行っていたため，豊洲電気鉄道のような，鉄道路線に頼らない軌道路線による交通網で旅客と貨物の需要を満たすことを狙っていたといえる．

「市域外遊覧地接続」型では，既存の港や鉄道と連絡して中心市街地，市外の遊覧地へと繋がる輸送システムを整えることで，観光動線として旅客輸送を促す方針が執られていた点を共通性として評価することができる（**図-5**[18]）．

(3) Ⅲ：都鄙連絡

a) 沿線施設の特徴

「都鄙連絡」型の事例では，経営の視点を考察するため，まず電気軌道で接続された施設とその配置の関係について整理する．

土佐電気鉄道は，開業時にまだ鉄道が高知市を通っておらず，港–中心市街地–周辺町村とつながる路線を敷設した．そのため，まずは港を起点として既存の中心市

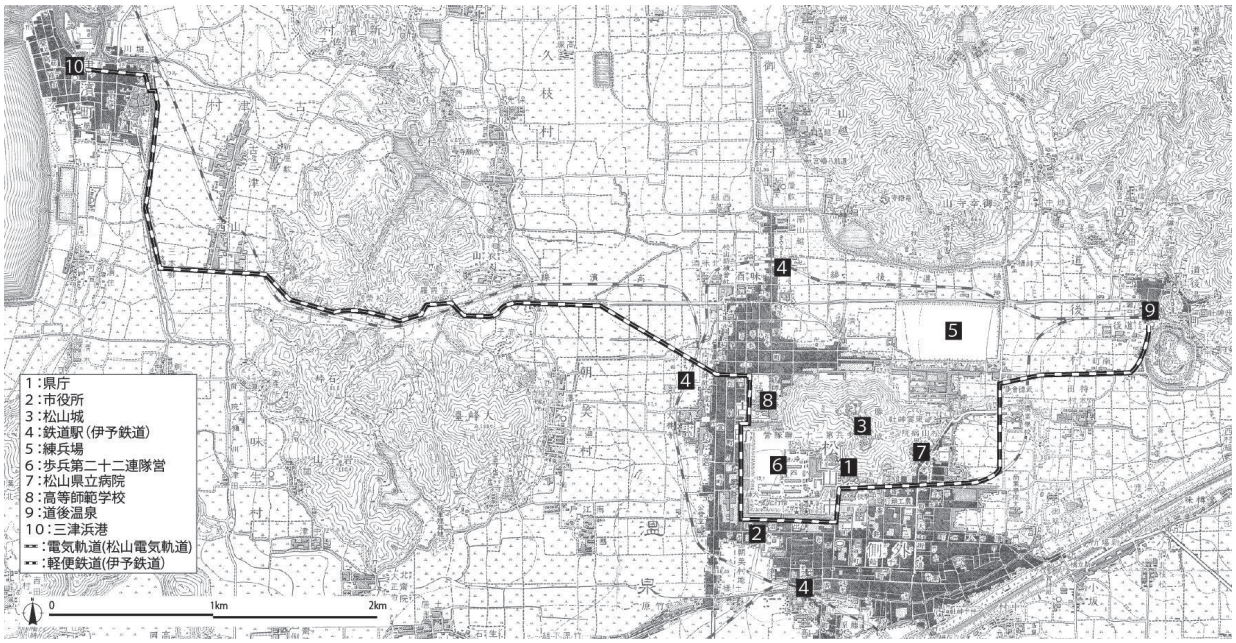


図-5　「市域外遊覧地接続」の松山電気軌道（国土地理院「松山」1903を用いて筆者加工）

街地および周辺町村と旅客と貨物の輸送システムを整えることが意図されていたといえる．

美濃電気軌道は，国鉄岐阜駅と中心市街地，周辺町村を結んでおり，その路線選定に関して，市外線は物流動線として，市内線は観光動線としての機能がそれぞれ重要視されていた[19]．

福博電気軌道は，富山電気軌道と同じく共進会の開催に合わせて軌道敷設が進んだ事例であった．ただし，国鉄博多駅と官庁施設，共進会会場，中心市街地，市外に位置する病院および大学，市内の軍施設を結び，共進会終了後も輸送需要が途絶えない路線選定がされていた．

博多電気軌道は，福博電気軌道が開業した翌年に同じく福岡市内に環状線を敷設して開業した．対象事例の中で唯一1都市に2社が営業していた事例である．国鉄博多駅–博多港–官庁施設–遊郭を結ぶ市内環状線と国鉄吉塚駅へと繋がる市外線を有していた．

鹿児島電気軌道は，市内の中心市街地および国鉄，港，官庁施設，病院，旧制高等学校を結び，周辺町村とも接続した．実現した「第1期計画路線」は官庁施設の近くを通っているが，当初計画されていた路線では官庁施設との接続は重要視されておらず，土地を取得する過程で変更して実現した路線であった．

九州電気軌道は本分析対象の中で最大規模の路線であり，2市3町をつなぐ電気軌道が「第1期計画路線」として実現した．今回の分析には，小倉市と門司市で敷設された軌道路線を市内として捉えた．九州電気軌道は，両市の中心市街地と官庁施設に接続しており，小倉市では鉄道にも接続していた．また，両市においてそれぞれ港が機能していたが，既に鉄道路線が接続していたため，港とは接続しておらず，鉄道路線と並行するように路線選定が行われていることも特徴である．

b)　事業内容と線路選定の意図

本項では，路線選定の特徴に「軌間」と「営業目的」の視点を加えて，経営戦略に関して考察する．

「都鄙連絡」型の6事例の軌間と営業目的は**表-2**ですでに示した通りであり，1435mmの広軌で不動産事業を手がけていた福博電気軌道と九州電気鉄道，鹿児島電気軌道の3事例，1067mmの標準軌と不動産事業を行わなかった土佐電気鉄道と美濃電気軌道，そして1435mmと1067mmを併用して不動産事業を行わなかった博多電気軌道である．

美濃電気軌道と土佐電気鉄道では，地元有志らが特産品の美濃和紙と土佐和紙を運ぶための物流動線を求めていた．岐阜の場合は美濃町–岐阜市–国鉄岐阜駅を結び，高知の場合[20]は伊野町–高知市–高知港を結ぶ物流動線を完成させた．そのため，市外線の意図は，郊外の特産品を既存の交通拠点（港・鉄道）と繋げることであったと考えることができる．他方，地方都市の官庁施設が位置する中心市街地や娯楽施設とも接続し，旅客輸送の需要も満たす路線選定であったといえる．

一方，福博電気軌道と九州電気軌道，鹿児島電気軌道の3事例に関しては，計画主体・経営主体に大都市の実業家が名を連ねていた．

九州電気軌道は2市3町を繋ぐ広域な軌道網を展開した事例である．当初の資本金は僅か25万円であるが，開業から1年と経たずして資本金を315万円へと増資した．また，1914（大正3）年頃には住宅地や娯楽施設の経営を実現させており，その背景には阪神電気軌道の役員や技師が九州電気軌道で兼務していたことから，関西の沿線開発を手本としていたことが挙げられた[21]．

福博電気軌道に関しては，共進会開催に合わせて電気軌道敷設を福岡市が計画しており，同じ計画を東京の実業家である福澤桃介らも有していたことから，市が有していた特許路線を福沢らに譲渡して実現した．彼らも九州電気軌道と同様に住宅開発や娯楽施設の経営も行なっていたとされており，大都市の先行事例を参考にした電気軌道事業の展開を構想していたと考えられる．

鹿児島電気軌道は，計画主体が地元の実業家によるものであり，電気軌道の特許を取得した当初は「市内完結型」の路線であった．しかし，会社が設立する過程において川崎造船社長の松方幸次郎らも経営に関わり，営業目的に不動産事業が追加され，同時に市外へと伸びる路線を新たに取得した[22]．鹿児島電気軌道の事業内容に関しては，開業以前から市外の娯楽地開発を計画していたことが池上らによって既に報告されている[23]．そのため，松方ら大都市実業家らの影響によって，郊外開発を視野に含んだ事業計画へと変更され，より高い収益を得るための路線選定が行われたと捉えることができる．

博多電気軌道に関しては，旅客（1435mm）と貨物（1067mm）それぞれで軌間を使い分けており，貨物輸送の軌間を国鉄と合わせることで円滑な輸送を実現させた．博多電気軌道の営業目的には不動産事業が含まれていないが，1910（明治43）年に支線の敷設を申請した際，営業目的に「娯楽機関ヲ設備シ不動産上ノ物権ヲ獲得シ賣買」が追加されていた[24]．この申請は却下されたために実現していないが，自社で娯楽施設を営業する事にも意欲を示していた．

このように，「都鄙連絡」型に関しては，まず博多電気軌道について，貨物輸送や不動産事業も開業以前より計画されていたが，結果的に旅客・貨物の輸送事業を中心とした事業展開を行っていた．美濃電気軌道と土佐電気鉄道に関しては物流動線の形成という側面が意図されていた一方で，他の3事例に関しては大都市の先行事例を知る実業家らが事業を牽引し，沿線開発を視野に入れた事業経営がなされた（**図-6**[25]）．

(4) Ⅳ：特殊形

沖縄電気軌道によって開業された電気軌道は，那覇区中心市街地と市外に位置する首里城を結んでいた．当時，那覇区にはまだ鉄道が通っていなかったため，港が旅客・貨物輸送の重要拠点であった．しかし，沖縄電気軌道は港と接続せず，遊郭を含む中心市街地から市外の首里城まで延びていた．そのため，旅客輸送を中心とした観光・生活動線として機能していたといえるが，既存の交通拠点や官庁施設との接続を重要視していた他の事例とは大きく異なる．

呉電気鉄道と広島電気軌道の両事例は，市内に港が位置していた一方で電気軌道は接続せず，貨物輸送も行わなかった．これは，両事例の港には既に鉄道が接続しており，電気軌道によって改めて接続する必要性が低かったことが考えられる．加えて，官庁施設と接続していない点も共通する特徴である．

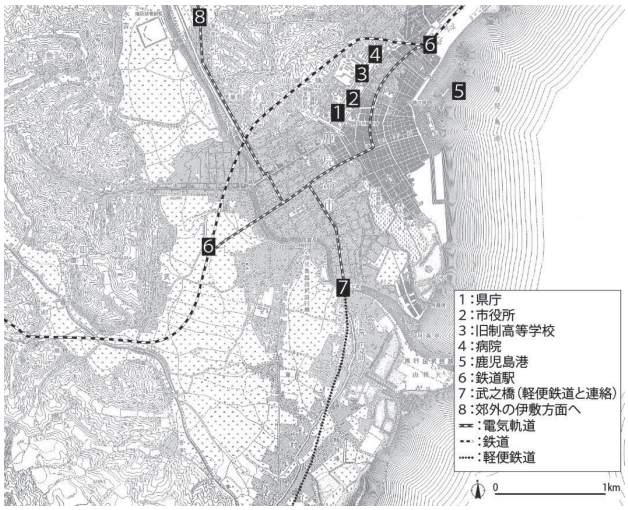


図-6　「都鄙連絡」の鹿児島電気軌道（国土地理院「鹿児島」1904を用いて筆者加工）

呉電気鉄道の事例に関しては，呉市の中心市街地から離れた位置にある遊郭まで電気軌道が延びていたことから，呉市の人々を遊郭へと運ぶことで利益を計画していたといえる．呉市には軍港が配置されていたため，軍関係の労働者も多く，遊郭の需要が高かったと考えられる．それは，16事例中で最も短い営業距離（3.4km）で認可を得ていることからも伺うことができる．

広島電気軌道の路線は国鉄広島駅–中心市街地–国鉄己斐駅を繋いでいた一方で，中心市街地から外れた場所に位置していた官庁施設には接続しなかった事例である．市の南部に位置する宇品港には国鉄がすでに接続しており，広島電気軌道の接続は第2期線において実現していたことからも，港との接続に対する優先順位はそれほど高くなかった．中心市街地付近の広島城や練兵場，また高等師範学校や病院とも接続していたことから，官庁施設と接続しなくとも住民の日常的な利用や遊覧客・軍関係者による利用を確保することができる路線選定であったといえる．

以上の通り，各事例に関して「第1期計画路線」を対象に事業形態，都市構造，経営戦略の視点より明らかにした電気軌道事業の特徴を**表-6**にまとめた．

6. 結論

本研究では，地方都市における先駆的な電気軌道事業である1900-1920年に開業した16事例を分析対象として，各電気軌道事業の路線選定の特徴，事業形態や経営戦略

表-6 分析対象16事例の特徴

会社名	旅客輸送	貨物輸送	不動産事業	路線特徴（図-2参照）	事業の特徴（A：第1期計画路線における路線選定の特徴，B：事業経営上の特徴）
岡山電気軌道	○	-	-	市内完結	A：岡山駅から城下まで伸び，県庁のある北側と病院や東山公園などのある南側へと分岐した旅客輸送の路線． B：軌道事業と共に市区改正を実現することや，市内を通る追加の複数の路線が計画されていたが，実現には至らなかった．駅から城下へと一直線に中心市街地を通り，短い路線距離で各施設を効率よく結んだ．
富山電気軌道	○	-	-	市内完結	A：富山駅から県庁と市役所の位置する中心市街地を通って共進会会場まで接続する路線． B：共進会の開催に合わせた電気軌道の敷設を富山県知事が地元の実業家らに呼びかけて実現した．官庁施設や中心市街地を通ってはいるが，共進会終了後に収入が大幅に下がり，半分以上を県の補助金で事業を成り立たせるほどであった．
長崎電気軌道	○	○	○	市内完結	A：長崎市の北端に位置する医学専門学校と病院，長崎駅，中心市街地，港，県庁を沿岸部に沿って繋いだ路線． B：資金不足により，開業の障害が少ない路線を第一に実現させる縮小案で開業した．病院や，同じく北部に位置していた工場の労働者などの旅客動線として利益を上げることが想定されており，貨物輸送も行っていた．
金沢電気軌道	○	-	○	市内完結	A：国鉄から金沢城の城郭を取り巻くように中心市街地に環状線を敷設し，官庁施設や軍施設などと接続した． B：金沢市の市区改正の計画に沿った箇所に電気軌道が敷設された．そのため，第1期線は市内で完結しており，官庁施設や城，軍施設，庭園などの金沢市の各施設を繋ぐ旅客動線として機能し，収益も順調であった．
豊洲電気鉄道	○	○	-	市域外遊覧地	A：官庁施設と港を繋ぐ市内線と，別府町（温泉地）へと繋がる市域外遊覧地接続の路線がある． B：鉄道開業以前の事例であり，最初期の事例ゆえに電気軌道の性能が未だ良くなく，旅客輸送の成績も芳しくなかった．旅客輸送に限らず，貨物輸送や電灯電力の供給も手がけていた．
和歌山水力電気	○	-	-	市域外遊覧地	A：和歌山市駅から官庁施設を含む中心市街地を通って市外の名勝地である和歌浦，黒江町へと接続した． B：南海鉄道が大阪と和歌山の旅客輸送を積極的に行う計画に併せて，市の中心部を通って市外遊覧地の和歌浦へと旅客輸送を行った．多くの旅客が和歌山市を訪れ，開通後は和歌山城や公園の開発を行うほどであった．
松山電気軌道	○	○	○	市域外遊覧地	A：競争相手の伊予鉄道とは接続せず，市外の港と中心市街地，市外の遊覧地を結ぶ路線を自社のみで形成した． B：娯楽地開発や港からの貨物輸送など多角的な経営を行っていた．伊予鉄道が都市の外縁を通っていることに対して，軌道の特性を活かして中心市街地を通り，旅客の利用を促した．
土佐電気鉄道	○	○	-	都鄙	A：港と高知市の中心市街地，市外に位置する伊野町を繋いでおり，街路整備事業も併せて行われた． B：鉄道開業以前の事例であり，都鄙連絡線は市外の伊野町の和紙輸送が目的であり，貨物輸送が積極的に行われた結果，後に工場地域が形成されるに至った．高知市と港を繋ぐことで，旅客の安定的な利用も見込まれていたといえる．
博多電気軌道	○	○	-	都鄙	A：市外の国鉄吉塚駅と市内の国鉄福岡駅，港，官庁施設，遊郭を繋ぎ，環状の電気軌道路線を市内に敷設した． B：開業時には既に福博電気軌道が営業しており，協議により一部路線を撤回するなど2社が共存できる路線が選定された．国鉄と港間において貨物輸送を行うなど，「海陸連絡ノ大目的」を重要視し，遊郭や官庁施設など旅客輸送による収益も見込むことができる事業展開を行っていた．
福博電気軌道	○	-	○	都鄙	A：国鉄と官庁施設，共進会会場，軍施設，周辺町村に位置する大学などを結ぶ一方で港とは接続しなかった． B：共進会の開催に間に合うことを条件に，市から特許を譲渡や用地費，橋梁架設費の援助などを受けて，旅客の利用を促す種々の施設と接続する縦貫路線を完成させた．また，住宅地や娯楽地の開発も実施していた．
美濃電気軌道	○	○	-	都鄙	A：周辺町村と国鉄を結ぶ郊外線と，国鉄から官庁施設や公園のある中心市街地と接続する市内線の2路線． B：市外に位置する上有知町から和紙を輸送するための機能が市外線に求められてた．市内線については旅客輸送が中心であると考えられ，美濃電気軌道は市区改正事業や公園開発に対して寄付を行っていた．
九州電気軌道	○	-	○	都鄙	A：国鉄や港，官庁施設，軍施設を繋いで市外へと伸びており，2市3町を結ぶ広域な旅客輸送網を展開した． B：各都市の港と接続していた国鉄に対して，市街地同士を結ぶように電気軌道が敷設された．また旅客輸送のみではなく，関西の実業家らの主導により娯楽地や住宅地の開発も計画されていた．
鹿児島電気軌道	○	○	○	都鄙	A：官庁施設の位置する中心市街地を挟んで鹿児島駅と武駅を結び，北に周辺町村，南へ軽便鉄道と接続した． B：貨物輸送や住宅地や娯楽施設の開発も行っており，港および国鉄との連絡を踏まえた旅客・貨物輸送の収益を計画していたといえる．電気軌道開通後，沿線地区が新たな中心市街地と認識されるほどの盛況を呈した．
呉電気鉄道	○	-	-	特殊形	A：国鉄呉駅と中心市街地，病院，市街地の端部に位置する遊郭を繋ぐ路線．市役所や港には接続せず． B：軍都であるが港や練兵場，市役所には接続していない．一方，路線選定の特徴より鉄道の利用者および呉市の労働者を遊郭へと運ぶことによる利益に重点を置いていることを読み取ることができる．
広島電気軌道	○	-	-	特殊形	A：広島市を取り巻く複数の国鉄駅と中心市街地を繋いでいる．官庁施設や港には接続せず． B：市中心部の広島城や練兵場，病院など，旅客輸送の利益を期待できる施設に接続している．第2期線において宇品港と接続しているが，旅客輸送が中心であるため，鉄道と中心市街地との接続がより重要視されていた．
沖縄電気軌道	○	-	-	特殊形	A：那覇区の中心市街地と遊郭を通って都市域外の首里城へと伸びる路線．港や軍施設とは接続していない． B：鉄道開業以前であったが，港や官庁施設と接続しておらず，那覇区の人々を遊郭や首里城へと運ぶ遊覧動線として機能し，収益を得ることが計画されていたと考えられる．

からみた軌道敷設ならびに都市基盤形成の特質について明らかにした．以下が本研究の成果である．

第一に，都市構造の視点より以下について明らかにした．各第1期計画路線の沿線施設，路線規模および路線選定より，港や鉄道といった広域な輸送網と官庁施設，中心市街地を結ぶことが多くの事例で共通しており，本研究ではこの路線選定を基本形と定めた．加えて本研究で着目した16事例は，敷設された電気軌道が地方都市の市域内で完結する「市内完結」型，電気軌道が地方都市の市外に位置する遊覧施設へ接続する「市域外遊覧地接続」型，市外線を有しており且つその路線が遊覧地と接続しない「都鄙連絡」型の3つの傾向に加えて，基本形で示した路線選定に該当しない「特殊形」の4タイプに分類できる路線選定の特徴をもつことを明らかにした．

第二に，事業形態の視点から以下について明らかにした．分析対象の16事例は，全て民営事業として電気軌道が敷設されており，経営主体も富山電気軌道と土佐電気鉄道の2事例を除いて地元と外部の実業家らによる共同経営であった．また，不動産事業を営業目的としていた6事例（福博/九州/松山/鹿児島/長崎/金沢）は，金沢を除いて全て1435mmの軌間を採用しており，より多くの旅客輸送を見越した電気軌道の敷設を実現させた．他方，地方都市では市外線の有無，すなわち電気軌道の輸送規模は対象となる地方都市の人口規模と強く関係していた．具体的には，16事例の開業以前の人口規模と「第1期計画路線」の市外線敷設計画の有無を比較した結果，岡山

市の事例で示した約9万人を超える人口規模に該当する都市において市外線は計画されず，市内で完結する路線選定であったことを明らかにした．一方，富山の事例が一部例外ではあるが，約8万以下の人口規模に該当する都市においては市外線が設けられた．

第三に，経営戦略の視点から以下の点を明らかにした．電気軌道の特許を取得する際の「収支概算書」をもとに16事例の経営戦略を考察した．「市内完結」型は人口規模が比較的多い都市であるため，都市内の旅客輸送を主とした輸送需要に応える方針であった．「市域外遊覧地接続」型は港や鉄道と連絡して中心市街地や市外の遊覧地を繋げる観光動線としての輸送システムの整備としての位置づけが大きく，これと合わせて都市中心部の軌道敷設が行われた．「特殊形」に分類された事例では，接続施設への旅客輸送による利益確保の視点を有していたことが共通していた．一方，「都鄙連絡」に分類された6事例は，市外と接続して娯楽施設や住宅を開発して旅客利用を促す事例や，郊外の特産品を運ぶための物流動線としての機能が求められた事例など，より地域の状況を反映した複合的な電気軌道事業として展開された．

総じて，民間資本によって敷設された地方都市の電気軌道は，各都市固有の都市構造および輸送需要に対応し，また軌道事業自体の事業性や戦略性を含みながら，鉄道や港，官庁施設，中心市街地，娯楽施設を接続する一本から数本の都市骨格軸ならびに地域間ネットワークを築き上げた．人口規模の大きい地方都市では市内の連絡をより強化する路線が形成され，人口規模が小さい地方都市では周辺の都市と接続することにより広域の地域間連絡を強化する路線が形成された．

謝辞：本研究は日本学術振興会，特別研究員奨励費18J14069の助成を受けたものである．ここに感謝の意を表す．

補注

[1] 本研究では「鉄道省文書」として参考文献26)−48)を分析に用いた．

[2] 本研究では「市史」として参考文献49)−69)を分析に用いた．

[3] 本研究では「事業史」として参考文献70)−92)を分析に用いた．

[4] 本研究では「市議会史」として参考文献93)−96)を分析に用いた．

[5] 本研究では測量図として参考文献97)−119)を分析に用いた．

[6] 詳細は本文にて論じているが，本研究で着目した電気軌道事業においては，その多くが官庁施設との接続を意図していたと捉えることができた．中でも市役所の接続を意図していたと考えられる路線を多く確認することができたため，本研究においては16事例の電気軌道路線と市役所の距離を測定し，その平均値（約154m）より沿線施設の距離を150mと定めた．

[7] 本研究では，市役所と県庁を官庁施設として扱っているが，当時まだ市制を施行していなかった大分と那覇に関しては，町役場と区役所をそれぞれ官庁施設として扱った．

[8] 当時の社会背景を考慮すると，観光的側面も併せもっていた参詣も娯楽に類することができる要素であると考えることができる．しかしながら，本研究で着目した16事例においては参詣を主目的とした軌道事業を確認することができなかったため，「寺社」を項目に設定することなく考察を行なっている．

[9] 美濃電気軌道の設立経緯とその意図については参考文献7)に詳しい．また，長良川の舟運は電気軌道開通後に利用されなくなった様子が参考文献66)に記載されており，川湊と接続することも意図されていなかったと読み取ることができる．

参考文献

1) 斎藤尚久：明治期における京都市営電気軌道事業の創設目的，同志社商学，29巻，pp. 612-643, 1978.3
2) 片木篤，藤谷陽悦，角野幸博 編：近代日本の郊外住宅地，鹿島出版会，2000.3.30
3) 内閣官報局：官報 2147（軌道条例 第一条），1890.8.25
4) 後藤悌次：路面電車經営論，春秋社，1938.1.10
5) 東京市政調査會：本邦軌道事業ニ關スル調査，東京市政調査會，1932.11.27
6) 池上重康，木方十根，砂本文彦，鈴木貴仁：近代日本地方中核都市における「路面電車郊外」の成立，住総研研究論文集，No. 38, 2011.
7) 出村嘉史，岩本一将：明治末期の岐阜における電気軌道建設と「市区改正」，日本建築学会計画系論文集，第80巻，第712号，pp. 1319-1327, 2015.6
8) 土屋敦夫：大正期の金沢の街路建設―市区改正計画と市街電鉄の敷設―，日本都市計画学会論文集，35巻，pp. 97-102, 2000.
9) 岩本一将，山口敬太，川崎雅史：近代の和歌山におけるインフラ整備と公益確保―電気軌道と水力発電事業を中心として―，土木学会論文集 D2, Vol. 74, No. 1, pp. 29-41, 2018.
10) 山本淳一：RM LIBRARY 198 土佐電気鉄道（上），大日本印刷株式会社，2016.2.1
11) 宮本源之助：明治運輸史，運輸日報社，1913.12
12) 前掲 9)
13) 鉄道院：明治四十一，二，三年度 鉄道院年報 軌道之部，凸版印刷株式会社分工場，1913.3.19
14) 東洋経済新報：明治大正国勢総覧，東洋経済新報社，1948.8.20
15) 富山地方鉄道株式会社：富山地方鉄道五十年史，大日本印刷株式会社，1983.3.28
16) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「岡山北部」1916.
国土地理院：二万五千分ノ一地形図「岡山南部」1916.
17) 前掲 9)
18) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「松山」，1903.
19) 前掲 7)
20) 高知電気鉄道株式会社：土佐電氣鉄道五十年史，高知印刷株式会社，1954.1.20

21) 西日本鉄道株式会社：西日本鉄道百年史，西日本鉄道株式会社，2008.12.17
22) 国立公文書館所蔵：企業目論見書，鉄道省文書，1912.4（参考文献 79)に所収）
23) 前掲 6)
24) 国立公文書館所蔵：博多電気軌道支線敷設願，鉄道省文書，1910.9
25) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「鹿児島」，1904.
26) 国立公文書館所蔵：軌道・広島瓦斯電気（広島電鉄）二巻 自明治四十五年至大正四年，1915.
27) 国立公文書館所蔵：軌道・広島瓦斯電気（広島電鉄）三巻 自大正五至大正七年，1918.
28) 国立公文書館所蔵：軌道・東邦電力（元和歌山水力電気）一巻 自明治四十二年至同四十四年，鉄道省文書，1911.
29) 国立公文書館所蔵：軌道・東邦電力（元和歌山水力電気）二巻 自明治四十五年至大正三年』，鉄道省文書，1914.
30) 国立公文書館所蔵：軌道・福博電車（元東邦電力）一巻自明治四十一年至明治四十四年，鉄道省文書，1911.
31) 国立公文書館所蔵：軌道・福博電車（元東邦電力）二巻自明治四十四年至大正二年，鉄道省文書，1913.
32) 国立公文書館所蔵：軌道・福博電車（元博多電気鉄道）一巻 自明治四十二年至明治四十三年，鉄道省文書，1910.
33) 国立公文書館所蔵：軌道・福博電車（元博多電気鉄道）二巻 自明治四十四年鉄道省文書，1911.
34) 国立公文書館所蔵：軌道・名古屋鐵道（元美濃電気名岐鉄道）一巻 自明治四十二年至仝四十三年，鉄道省文書，1910.
35) 国立公文書館所蔵：軌道・名古屋鐵道（元美濃電気名岐鉄道）二巻 明治四十四年，鉄道省文書，1911.
36) 国立公文書館所蔵：軌道・九州電気軌道 一巻 自明治四十二至四十三年，鉄道省文書，1910.
37) 国立公文書館所蔵：軌道・伊予鉄道電気（元松山電気軌道）一巻 自明治四十二至同四十四年，鉄道省文書，1911.
38) 国立公文書館所蔵：軌道・岡山電気軌道 一巻 自明治四十五年至大正三年，鉄道省文書，1914.
39) 国立公文書館所蔵：軌道・岡山電気軌道 二巻 自大正五至同九年，鉄道省文書，1920.
40) 国立公文書館所蔵：軌道・富山地方鉄道（元富山市営）一巻 自大正元至大正四年，鉄道省文書，1915.
41) 国立公文書館所蔵：軌道・富山地方鉄道（元富山市営）二巻 自大正五至大正九年，鉄道省文書，1920.
42) 国立公文書館所蔵：軌道・鹿児島市電（元鹿児島電気軌道）一巻 自明治四十四年至大正二年，鉄道省文書，1913.
43) 国立公文書館所蔵：軌道・鹿児島市電（元鹿児島電気軌道）二巻 大正 3 年，鉄道省文書，1914.
44) 国立公文書館所蔵：軌道・長崎電気軌道 一巻 自明治四十五年至大正六年，鉄道省文書，1917.
45) 国立公文書館所蔵：軌道・長崎電気軌道 二巻 自大正六年至昭和三年，鉄道省文書，1928.
46) 国立公文書館所蔵：軌道・北陸合同電気（元金沢電気）一巻 自明治四十五年至大正七年，鉄道省文書，1918.
47) 国立公文書館所蔵：軌道・北陸合同電気（元金沢電気）二巻 自大正七年至大正八年，鉄道省文書，1919.
48) 国立公文書館所蔵：軌道・北陸合同電気（元金沢電気）三巻 大正九年，鉄道省文書，1920.
49) 大分市史編さん委員会：大分市史 下，大分市 1988.3.25
50) 高知市史編纂委員会：高知市史（中巻），高知印刷株式会社，1971.9.25
51) 呉市史編さん委員会：呉市史 第四巻，凸版印刷株式会社，1976.3.31
52) 広島市役所：概観広島市史，広鉄印刷株式会社，1955.1.20
53) 広島市役所：新修広島市史 第三巻 社会経済史編，中本印刷株式会社，1959.8.15
54) 福岡市役所：福岡市史 第一巻 明治編，秀巧社印刷株式会社，1959.3.25
55) 門司市役所：門司市史 第 2 集，門司印刷株式会社，1963.2.9
56) 北九州市史編さん委員会：北九州市史近代 産業経済 I，北九州市，1991.21.1
57) 松山市史編集委員会：松山市史 第 3 巻 近代，松山市役所，1995.5.1
58) 岡山市百年史編さん委員会：岡山市百年史 上巻，岡山市，1989.9.25
59) 岡山市役所：岡山市史 6 巻，合同新聞社印刷部，1938.12.1
60) 岡山市史編纂委員会：概観岡山市史，岡山市役所，1958.9.25
61) 富山市史編さん委員会：富山市史 通史下巻，富山市，1987.1.10
62) 鹿児島市史編さん委員会：鹿児島市史 II，文進社印刷株式会社，1970.3.20
63) 長崎市史編さん委員会：新長崎市史 第三巻近代編，長崎市，2014.3.27
64) 和歌山市：和歌山市史 第 3 巻，和歌山市史編纂委員会，1990.11.30
65) 那覇市役所：那覇市史 通史編第 2 巻 近代史，琉球新報社,1974.2.25
66) 美濃市：美濃市史 通史編 下巻，太洋社，1982.7.12
67) 岐阜市：岐阜市史 通史編 近代一，大洋社，1981.3
68) 岐阜市：岐阜市史 史料編 近代二，大洋社，1978.9.25
69) 金沢市史編さん委員会：金沢市史 通史編 3 近代，金沢市，2006.3.31
70) 九州交通新聞社：大分交通史，九州伝票印刷株式会社，1978.12.10
71) 大分交通株式会社：大分交通 110 年史，佐伯印刷株式会社，2007.1
72) 大分交通株式会社：大分交通 40 年のあゆみ，大分美術印刷センター，1985.4.20
73) 前掲 20)
74) 土佐電気鉄道株式会社：土佐電鉄八十八年史，高知印刷株式会社，1991.1
75) 広島電気株式会社：広島電気沿革史，増田兄弟活版所，1934.10.31
76) 広島電鉄株式会社社史編纂委員会：広島電鉄開業 80 創立 50 年史，広島印刷センター，1992.10.30
77) 前掲 21)

78) 九州電力株式会社：九州地方電気事業史，凸版印刷株式会社九十事業部，2007.10.1
79) 伊予鉄道株式会社：伊予鉄道七十年の歩み，関洋紙店印刷所，1955.9.30
80) 伊予鉄道電気株式会社：五十年史，工文社，1936.9.18
81) 九州水力電気株式会社：九州水力電氣株式會社二十年沿革史，秀巧社印刷所，1933.8.5
82) 岡山電気軌道株式会社：おかでん七十年の歩み，図書印刷株式会社，1980.1.1
83) 前掲 15)
84) 鹿児島市交通局：鹿児島交通局 30 年史，渕上印刷株式会社，1958.6.25
85) 北陸鉄道株式会社：金沢市内電車 50 年の歩み，明治印刷株式会社，1968.5.15
86) 南海鐵道株式會社：南海鐵道發達史，谷口印刷所，1938.8.20
87) 加田芳英：図説 沖縄の鉄道【改訂版】，(有)ボーダーインク，2003.7.5
88) 森義一：岐阜縣手漉紙沿革史，岐阜県手漉紙製造統制組合，1946.10
89) 岐阜県土木部：岐阜県道路史，西濃印刷株式会社，1992.11.3
90) 田尻弘行：RM LIBRARY 85 大分交通別大線，大日本印刷株式会社，2006.9.1
91) 前掲 10)
92) 川島正件：川崎幾三郎伝，仁尾印刷所，1942.11.25
93) 福岡市議会：福岡市議会史 第一巻 明治編，正光印刷株式会社，1971.3.1
94) 福岡市議会：福岡市議会史 第二巻 大正編，正光印刷株式会社，1979.3.1
95) 長崎市議会：長崎市議会史 記述編 第 1 巻，長崎市議会，1995.3
96) 和歌山市議会：和歌山市議会史 第一巻，pp. 107-120，ダイコウ印刷，1999.3.31
97) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「大分」，1915.
98) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「高知」，1928.
99) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「廣島」，1925.
100) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「福岡」，1926.
101) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「福岡南部」，1929.
102) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「小倉」，1922.
103) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「折尾」，1922.
104) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「八幡」，1922.
105) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「下関」，1922.
106) 前掲 18)
107) 前掲 16)
108) 前掲 16)
109) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「富山」，1918.
110) 前掲 25)
111) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「長崎南西部」，1927.
112) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「長崎西北部」，1927.
113) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「長崎東南部」，1927.
114) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「長崎東北部」，1927.
115) 国土地理院：二万五千分ノ一地形図「金澤」，1928.
116) 津田源兵衛：大和歌山市街地圖 附 和歌浦名勝案内圖，津田萬壽堂，1936.1.5
117) 沖縄県立図書館所蔵：那覇區全圖，那覇区役所，1915，CC BY 4.0
118) 岐阜市：岐阜市史史料編近代付図実測岐阜市全図，1977.
119) 森次郎：呉市街新地圖，駸々堂旅行案内部，1918.1

(Received April 1, 2019)
(Accepted October 24, 2019)

URBAN CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT OF ELECTRIC TRAMWAY IN THE MEIJI AND TAISHO PERIOD —THROUGH THE CASE OF 16 LOCAL CITIES IN 1900-1920—

Kazumasa IWAMOTO, Keita YAMAGUCHI, Makoto KAWASAKI and Masashi KAWASAKI

This study aims to show the characteristic of urban construction and development of electric tramway analyzing by each management strategy, business content, and urban structure. In particular, this study has focused on the case of 16 local cities in 1900-1920. The results are as follows. At first, selection of route has turned out that there are three certain tendencies, the types of completed line in the city, connecting to suburban tourist resort and connecting to the suburban-rural area. At second, the scale of conveyance is strongly related to the population of each city. Specifically, the population of the city more than 90,000 has only city line. On the other hand, thepopulation of the city less than 80,000 has city line and suburbs line. At third, in the background of the business strategy by private capital, the first planned route of each city was selected to efficiently connect to transportation bases such as railways and ports, government facilities, central urban area, and entertainment facilities with one or more. Thus, this study shows that the development of electric tramway formed the urban frame of the local city in 1900-1920.

2.2 学会・シンポジウム要旨

6）街路樹の倒伏・落枝対策 71
7）国道 298 号ソメイヨシノ並木におけるクビアカツヤカミキリ対策 72
8）グリーンインフラのアフターケア：鷺山を巡る軋轢と対処を考える 73
9）ワイン袋は友達になれるか 74
10）Increasing pioneers vs. decreasing followers: positive/negative aspects of Grey Herons and Great Egrets on management/conservation of mixed-species heron colonies in Japan 74
11）都市域の緑地の量・質・配置と生物多様性の関係 75
12）グリーンインフラのアフターケア：
緑豊かなまちづくりでの生物との共存の仕方を考える 77
13）Petulu heron village から学ぶサギ類コロニーとの付き合い方 78
14）メダカは空を飛べるのか？：水鳥による魚卵の受動分散 79

【ポスター発表】
P-5

街路樹の倒伏・落枝対策

飯塚康雄・舟久保敏（国土交通省国土技術政策総合研究所）

1. はじめに

街路樹は，植栽後から長期間経過したことにより大径木化・衰弱化が見られるものが増加し，台風等の強風時には一部に倒伏や落枝による交通障害等が発生している．そのため，国土技術政策総合研究所では，街路樹管理に携わる技術者が活用できる技術資料として，倒伏・落枝対策を実施するにあたって重視すべき発生要因を明示した上で，街路樹の健康寿命化を促すための道路緑化（設計，施工，維持管理）での配慮事項を解説するとともに，樹体の構造的な弱点を把握する点検・診断方法と危険性を改善する措置方法等をとりまとめた「街路樹の倒伏対策の手引き 第 2 版（国総研資料第 1059 号）」を平成 31 年 2 月に公表した．

2.「街路樹の倒伏対策の手引き 第 2 版」の構成

第 1 章　倒伏・落枝の発生要因

気象害による樹木の倒伏・落枝のメカニズムや樹木自体が持つ弱点（腐朽や樹木生理による枝枯れ等）を踏まえ，樹木管理の過程と外力で発生する倒木・落枝（枝折れ，幹折れ，根返り）の発生要因について解説．

第 2 章　倒伏・落枝に配慮した緑化方法

倒伏・落枝の発生を抑制する緑化方法として，設計・施工段階における具体的な作業の基本的な考え方と，発生要因に対する留意点を解説．

第 3 章　倒伏・落枝に配慮した維持管理方法

倒伏・落枝の発生を抑制する維持管理方法として，維持管理段階における具体的な作業の基本的な考え方と，発生要因に対する留意点を解説．

第 4 章　街路樹の点検・診断

日常管理における街路樹の異状を確認するための情報提供の活用や点検方法（通常巡回，定期巡回）と，倒伏・落枝の危険性を詳細に把握するための調査・診断方法（簡易診断・樹木健全度調査・植栽環境調査）について解説．

第 5 章　異状又は兆候に対する改善的措置

街路樹の点検・診断で把握した異状及び倒伏・落枝の兆候に対する措置の考え方と具体的な内容（保護，治療，更新，撤去等）を解説．

第 6 章　地域住民等との合意形成

改善的措置を実施する際に必要となる地域住民等との合意形成の方法を解説．

第 7 章　倒伏検証調査

倒伏・落枝に関するデータを蓄積・活用して抑制に繋げるための調査方法を解説．

【ポスター発表】
P-12

国道298号ソメイヨシノ並木におけるクビアカツヤカミキリ対策

飯塚康雄（国土交通省国土技術政策総合研究所）
松崎暁・小柴剛（国土交通省関東地方整備局北首都国道事務所）

1. はじめに

国土交通省北首都国道事務所が管理する国道298号において，平成31年4月時，管内の桜（ソメイヨシノ）計520本のうち，埼玉県草加市・八潮市地区の58本が，特定外来生物クビアカツヤカミキリの被害を受けている状況であることを確認した．

具体的な被害としては，ソメイヨシノの幹に開孔し，形成層から幹内部へと削孔が進んでいる状況であった．加害が進行して甚大になると，発生した枯れ枝や枯損木の落枝・倒木等の人的被害に繋がる可能性があることや，周辺の樹木への拡散の問題が大きいと認識された．

そのため，桜の開花終了後，成虫が産卵のために樹木から脱出・飛翔すると思われる7月末までを目途に，できうる対策を実施することとした．

2. 対策の検討

専門家立会の下で実施した現地調査の結果，14本に枝枯れ，多数の被害孔，対策し難い高い位置での被害孔を確認した．その他の44本においては，枝枯れ無し，少数の被害孔，低い位置での被害孔を確認した．

対策は専門家の指導を受けながら，被害の程度が低い44本については薬剤注入による幼虫駆除及びネット設置による成虫捕殺を立案した．また被害程度の高い14本については薬液及びネットによる対策では不十分と判断し，これ以上の被害拡大及び樹木の健全性保持が難しいと判断し，伐採とした．

3. 対策実施状況と考察

対策の実施後，高頻度による全数点検を行い，発見した個体は全て駆除した．幼虫は伐採木から発見都度，捕殺（捕殺数は集計中）した．成虫はネット内外で約40匹を発見し捕殺した．

今後，薬剤の効果把握及び幼虫の駆除のため，活動停止期間（9月～10月）にネットを撤去し，フラス（幼虫の食害後に糞と一緒に樹木外へと排出した物）除去及び幼虫駆除を実施するとともに，この結果を含めて対策の効果把握方法や次年度以降の取り組み方針等を検討していく予定である．また，地域全体における課題として，地元自治体及び関係機関と連携して被害拡大防止の取り組みを検討していく予定である．

［要旨］

W09

グリーンインフラのアフターケア：鷺山を巡る軋轢と対処を考える

益子美由希（国総研）

「住宅地にサギ大量発生！住民困惑」毎年夏、どこかの新聞や番組の見出しにされうるフレーズである。集団繁殖性サギ類が形成する鷺山（コロニー）が住宅地に隣接する樹林に位置した際、その臭いや騒がしさに対して住民から苦情があがる。行政は私有地の樹林に対して積極的な関与ができず、法律の壁で捕獲もできない。サギたちは厄介者として描かれてしまう、定番のストーリー。

こうした鷺山問題は、従前から全国で生じてきた。繁殖期中に樹林が伐採され、ヒナが犠牲になった例もあった。しかし、対応は未だに現場ごとの手探りで、実効性ある対策手法は確立しておらず、関係者向けのガイドライン等も見受けられない。当初の場所からの追い払いに成功しても、近隣の別の場所での被害を誘発している場合もある。サギ類の生息に適した田園風景のみられる地域なら、広域的視野でどこかの樹林に鷺山を落ち着かせ、保全緑地に指定したり環境学習の場にしたりと魅力を引き出す方向性もありはしないか。

国土交通省では、国土形成計画（平成 27 年 8 月閣議決定）等を踏まえ、自然環境が有する多様な機能を活用して社会資本整備や土地利用等を行うグリーンインフラの取組を推進している。人口減少・少子高齢社会に対応した都市のコンパクト化の動きに伴い、新たに発生した空き地の緑地化等により都市域の緑地の拡大が予想される中、アフターケアとして鷺山問題を通して生物との軋轢への対処を整理することは、ムクドリ等、他の在来生物での迷惑被害への応用を含め、人の生活圏と生物の生息域が近接する時代の緑地計画に役立つと考えられる。

本集会は、鷺山問題を体系的に整理して、事例から学び、問題解消への具体的な道筋を示していく第一歩としたい。

【趣旨説明】鷺山問題概論（サギ類ならではの特徴、軋轢が発生しやすい条件）
益子美由希（国土交通省国土技術政策総合研究所）

【事例１】サギと高速道路との共生に向けた活動（保全活動と学習の場としての活用、狭い緑地での過密化に対応するための課題）
宮澤敏孝（NEXCO 中日本）、野澤徹也・芳賀大（日本野鳥の会愛知県支部）

【事例２】追い払いと誘導のポイント（熱意あっての追い払いの成功、鷺山の分散から見えた課題）
徳永幸彦（筑波大学生命環境系）

【会場を交えた議論】問題解消への道筋づくりに向けて（体制や情報発信のあり方、周辺の住宅地や緑地の配置に応じた具体的対策）

日本鳥学会
日本鳥学会 2019 年度大会講演要旨集（2019）：132

［要旨］

P117

ワイン袋は友達になれるか

○益子美由希（国総研）・徳永幸彦（筑波大）

デコイは、集合性の強い集団繁殖性鳥類のコロニー誘致のためによく用いられており、アホウドリ、ウミガラス等、島や崖の地上で繁殖する海鳥での実績が多い。一方、陸域の樹林で繁殖する集団繁殖性サギ類での実績は乏しく、住宅近隣に形成され軋轢が生じたコロニーを代替地へ移設するためにも、手法の確立が求められている。樹上に設置可能なデコイとするには、万一の落下にも備え、軽くて柔軟な素材が望ましいと思われる。そこで、ワイン携行用の白く細長いビニール袋を用いてシラサギのデコイを作成し、2018 年秋、収穫後の稲田の畦に設置して、サギ類の飛来状況を確認する予備的な実験を行った。その結果、設置直後にチュウサギと思われる 1 羽が付近へ飛来し、その後も断続的にダイサギ、チュウサギ、アオサギが付近に飛来したことから、少なくともデコイが忌避されてはいないと考えられた。本発表では、普段からサギ類が採餌している稲田においてデコイの誘引効果がどれだけあったといえるか、カメラ画像の分析結果を紹介するとともに、コロニー誘致に向けてデコイを樹上に設置する方法等を議論する。

Waterbird Society（水鳥学会）
第 43 回水鳥学会年次大会冊子（2019）：68

[69] **Mashiko, Miyuki**[1], Toquenaga, Yukihiko[2]

[1]National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Tsukuba, Ibaraki, Japan; [2]Faculty of Life and Environmental Science, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan; mashiko-m92f4@mlit.go.jp

Increasing pioneers vs. decreasing followers: positive/negative aspects of Grey Herons and Great Egrets on management/conservation of mixed-species heron colonies in Japan [*Heron & Egret Symposium*]

Grey Herons and Great Egrets are the two larger Ardeidae that breed in annual colonies with the other four smaller herons and egrets in the eastern part of Japan. Grey Herons have rapidly increased and expanded their distribution in the last 20 years, and Great Egrets have increased slightly. Although the reasons of those population changes are not yet clear because there are no remarkable changes in habitat conditions, here we hypothesize that recent increases of the two larger species have affected, both positively and negatively, the dynamics of mixed-species colonies. The positive aspect is that the increase of the larger species promotes the establishment and persistence of colonies. Since Grey Herons, and Great Egrets more mildly, have solitary and early nesting habits, they had become pioneers for establishing new annual colonies in the last decades. The other four smaller species have more gregarious habits, and they may be cued by the presence of hetero-specifics when choosing colony sites to reduce decision-making costs. Considering such pioneer/follower relationship is also useful to manage human/bird conflicts; if the existence of a colony is welcomed/disagreed by human residents, first arrival of Grey Herons and Great Egrets should be preserved/disturbed so as to lead success/failure of the following colony formation. However, trends in population sizes of the smaller followers have not synchronized with the larger pioneers: Intermediate Egrets (“Near Threatened” in Japan) and Black-crowned Night Herons remained relatively constant, but Little Egrets and Cattle Egrets substantially decreased. The negative impact of Grey Herons and Great Egrets on the other species, i.e. reducing their reproductive success, has not been determined, selection of colony-site and its nesting vegetation led by larger pioneers might not sometimes suit the smaller followers. In fact, in some cases, followers did not join colonies started by the larger species on taller cedar trees, and established their own colony on bamboo thickets in the end. Further studies focusing on interspecific differences among co-colonizing species are required to establish better strategies for management and conservation of mixed-species colonies.

環境研究機関連絡会
第 1 回環境研究機関研究交流セミナーポスター発表要旨集（2019）：29-30

P-17

都市域の緑地の量・質・配置と生物多様性の関係

国土技術政策総合研究所　社会資本マネジメント研究センター　緑化生態研究室
研究官　　益子美由希
室　長　　舟久保　敏

背景と目的

都市人口が世界的に増加する中、都市においても生物多様性の確保が課題となっている。国土交通省では、都市の生物多様性確保のためには、都市における緑地の量を確保するのみならず、動植物の生息・生育環境を改善するなど緑地の質の向上を図るとともに、緑地の適正な配置とその有機的なネットワーク（エコロジカルネットワーク）の形成を通じて、動植物種の供給源となる都市の郊外の緑地から、動植物種が相対的に豊かでない市街地に動植物を誘導していく必要があるとしている。今後、わが国の都市では、人口減少・少子高齢社会に対応した都市のコンパクト化の動きの中で、新たに発生した空き地の緑地化や既設公園の集約・再編など緑地空間が大きく変容する可能性があるが、その際にエコロジカルネットワークの構成要素となり都市の生物多様性の確保に結び付く緑地の保全・創出を推進するには、どの程度の規模で、どういった構造の緑地が、どのように配置されれば生物多様性保全に効果的に寄与し得るかといった知見を整理し、緑地計画に活用することが有効と考えられる。

そこで、本研究では、東京都内の都市化の程度の異なる範囲において、緑地の量、質、配置が生物多様性にどのように影響するか明らかにすることを目的に、生物種の出現傾向とそれらに係る環境要因との関係を分析した。なお、本研究の分析に当たっては、緑化生態研究室にて当初、調査の企画・実施を担当した上野裕介氏（現 石川県立大学）の協力を得て行った。

検討内容

調査地は東京 23 区内から多摩地域に位置する様々な規模（0.1～10ha 以上）の 61 公園（図 1）とし、生物データはこれら公園において 2013～2014 年に調査した鳥類（樹林性・水辺性）、飛翔性昆虫類（トンボ類・チョウ類・バッタ類）及び地上徘徊性昆虫類の各種の出現有無の記録を用いた。環境データは、緑地の量については公園内の緑地面積等を、質については公園内の植物種数やビオトープ、サンクチュアリの有無等を、配置については公園周辺の一定範囲に存在する緑地の面積や連結性指標値等を用いた。

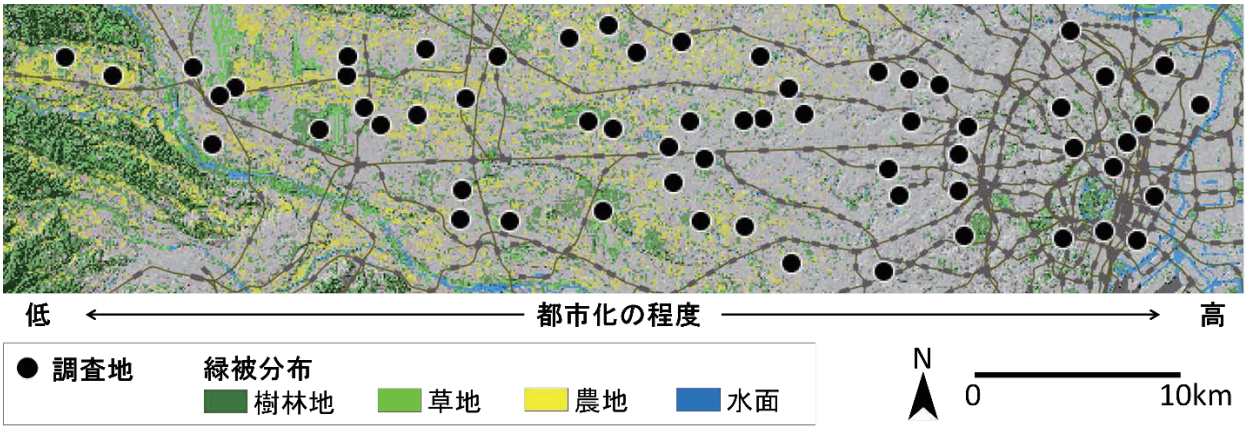


図 1　調査地とした 61 公園の分布

分析の結果、分類群による多少の出現傾向の違いは見られたものの、概ね、公園内の緑地の面積が大きく、その構成要素として多様な植物種やビオトープ等が存在し、周辺の緑地との連結性が高い公園ほど、確認された鳥類や昆虫類の種数が多い傾向がみられた。都市の生物多様性の確保には、緑地を広域的な視点で自然的環境から孤立しないように配置・保全すること、個々の緑地において生物の生息・生育場所としての質を高める整備・管理を行うことが有効と考えられる（図 2）。

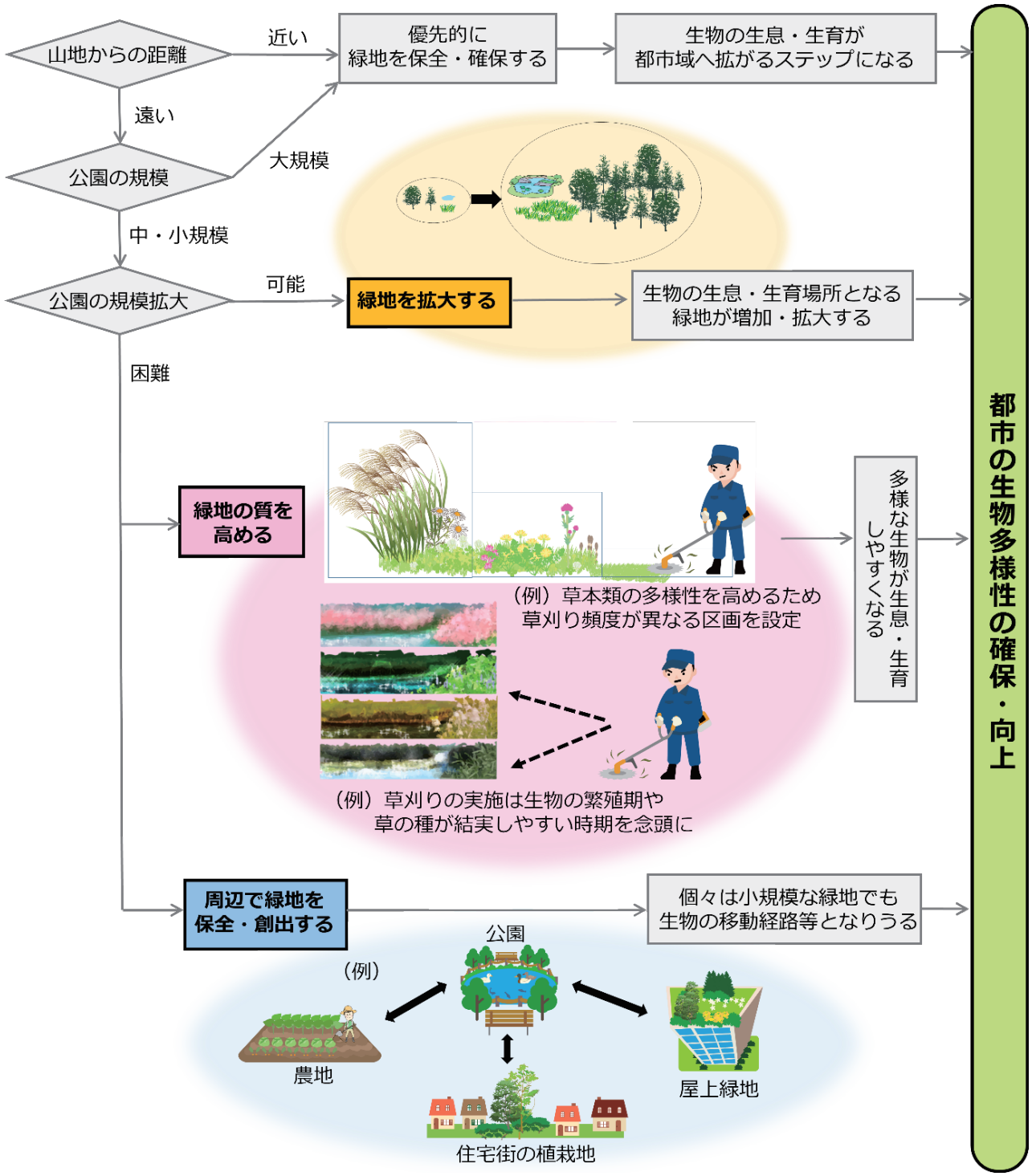


図 2　都市の生物多様性の確保に結び付く緑地の保全・整備上の視点（イメージ）

自由集会 W23　3月7日 18:45-20:15 Room I

グリーンインフラのアフターケア：緑豊かなまちづくりでの生物との共存の仕方を考える
Aftercare of green infrastructure: how can we live together with troublesome wildlife in our natural life-support system?

益子美由希（国土交通省国土技術政策総合研究所）
Miyuki MASHIKO（NILIM）

グリーンインフラは、自然の機能や仕組みを活用して社会資本整備や土地利用を行うという考え方で、国土形成計画（平成27年8月閣議決定）に位置づけられ、グリーンインフラ推進戦略（令和元年7月、国土交通省）が公表されるなど急速に浸透しつつある。人口減少による土地需要の変化や地域経済の停滞、気候変動による災害リスクの増加等、幅広い社会問題への対応策として期待されており、生態系ネットワークの形成を通じた生物の生息・生育環境等の保全・創出もその活用の場面のひとつとして盛り込まれている。

その一方、グリーンインフラの取組推進によって生物との軋轢が増加しうる懸念については、十分整理されていないように見受けられる。例えば、まちなかでの緑の創出は、ムクドリの大群による迷惑被害を招くかもしれない。分断化された自然をつなぐことにより、中山間地域からイノシシ等が進出しやすくなり、農業・生活被害が増加するかもしれない。こうした個々の現場レベルの軋轢問題に適切に対処するには、その生物の生態や、地域の人との関わりをよく知り、生物と人との間の適度な距離感を見出していく、地道で繊細な取組が必要となる。

本集会では、特に在来生物との厄介な軋轢に向き合うことを通して、グリーンインフラの負の要因を改善するアフターケアについて考える。鳥類と哺乳類における個別の現場での話題を提供しながら、その現場の位置の違い（都市域から郊外、中山間地域）、関連する環境の違い（都市、農地、道路、河川・湖沼等）、対象種の行動の違い（上空からの場所選択、地上を動いての移動）等を踏まえて、人口減少・少子高齢化による都市のコンパクト化や地方の農地や森林の荒廃といった社会問題とも関連させたより広い観点で、人と生物の適切な共存・すみ分けの道筋づくりに向けた課題を議論したい。

【コメンテーター】園田陽一（道路生態研究会）、上野裕介（石川県立大）

[W23-1]
カワウと人との軋轢と共存の歴史、そして現在の対応 *亀田佳代子（琵琶湖博）, 加藤ななえ（バードリサーチ）, 藤井弘章（近畿大）, 牧野厚史（熊本大）, 前迫ゆり（大産大）
History of conflicts and coexistence with the Great Cormorants and people, and current measures *Kayoko O KAMEDA（LBM）, Nanae KATO（Bird Research）, Hiroaki FUJII（Kindai Univ.）, Atsushi MAKINO（Kumamoto Univ.）, Yuri MAESAKO（Osaka Sangyo Univ.）

[W23-2]
Petulu heron villageから学ぶサギ類コロニーとの付き合い方 *益子美由希（国総研）, 徳永幸彦（筑波大）
Petulu heron village teaches us how to deal with heronry problems *Miyuki MASHIKO（NILIM）, Yukihiko TOQUENAGA（Univ. of Tsukuba）

[W23-3]
ヒトとケモノの軋轢はどんな場所で生じるか？：イノシシとツキノワグマの事例から *斎藤昌幸（山形大）
Where do human-wildlife conflicts occur?: case studies in wild boars and Asiatic black bears *Masayuki U SAITO（Yamagata Univ.）

日本生態学会第67回全国大会 (2020年3月、名古屋)
講演要旨
ESJ67 Abstract

自由集会 W23-2 （Workshop）

Petulu heron villageから学ぶサギ類コロニーとの付き合い方
Petulu heron village teaches us how to deal with heronry problems

*益子美由希（国総研）, 徳永幸彦（筑波大）
*Miyuki MASHIKO（NILIM）, Yukihiko TOQUENAGA（Univ. of Tsukuba）

インドネシア・バリ島の観光地から2kmほど離れたPetulu村には、民家脇の樹木に数万羽のサギ類が集まるコロニー（集団繁殖地）がある。ここでは1965年、社会混乱の中で起きた虐殺の負のエネルギーから村を清める儀式を行った直後にサギが飛来したと言われ、サギの群れは失われた数千人の魂であり村に繁栄をもたらす祝福のシンボルとされている。以来、地元の人々はサギの臭いや騒がしい鳴き声を厭わず、細々とではあるが観光資源としても活用している。

日本にも、かつては3万羽のサギ類が集まったコロニーが埼玉県に存在し、江戸時代は紀州徳川家の御囲鷺として、戦後は特別天然記念物として保護されて250年存続したが、近隣の宅地化による餌場の減少や農薬の使用による餌生物の減少等により1972年に消滅した。以来、これほど大規模なコロニーは国内で見られず、大半が数十～数百羽、大きくても数千羽となっているが、コロニーが住宅地に隣接する樹林に形成されると、その悪臭等に対して住民から苦情が上がる軋轢が各地で生じている。対処として、当該樹林が社寺林等の地域の拠点となる緑地であっても伐採される例が散見され、当初の場所からの追い払いに成功しても、近隣の別の樹林での軋轢を誘発している場合もある。

現代の日本において、Petulu村のようにサギ類コロニーの悪臭等も自然のこととして受け入れる共存を目指すことは現実的でない。一方、河川敷に形成されたコロニーが長年存続しカメラマン等を多く集める例もあることから、住宅地から一定程度離れた樹林でコロニーを存続させることは軋轢を減らす方向性となりうる。サギ類コロニーを追い払った場合・追い払わず存続させた場合にそれぞれどのような結果につながると見込まれるか、個々の現場に応じた具体的シナリオを提示可能にするための生態的・社会的情報を整理することが、アフターケアの第一歩と考えられる。

日本生態学会第67回全国大会 (2020年3月、名古屋) 講演要旨
ESJ67 Abstract

一般講演（ポスター発表） P1-PA-006 （Poster presentation）

メダカは空を飛べるのか？：水鳥による魚卵の受動分散
Can Medaka fly in the sky?: the passive dispersal of fish eggs by waterbirds

*八尾晃史（筑波大学生物学類），徳永幸彦（筑波大学生命環境系），益子美由希（国総研）
*Akifumi YAO（Biol. Sci., Univ. Tsukuba），Yukihiko TOQUENAGA（FLES, Univ. Tsukuba），Miyuki MASHIKO（NILIM）

淡水域に生息する生物にとって、陸地は自力での分散を妨げる障壁となる。節足動物、外肛動物、軟体動物等の水生生物では、卵や生体が水鳥に付着することによって、この障壁を超えて受動分散することが知られている。一方で、水鳥による淡水魚の受動分散についての報告は、極端に高い乾燥耐性を持つ卵で乾季を過ごす卵生メダカの卵が、カモハクチョウというカモ科の水鳥によって分散する可能性を示した特殊な例にとどまっている。本研究では、卵が極端な乾燥耐性を持たない淡水魚でも水鳥によって受動分散する可能性があるのか検証するために、ミナミメダカ*Oryzias latipes*を用いて実験を行なった。一般に魚類の生体は空中で短時間のうちに死亡するため、受動分散は卵の状態で起こると予想した。

ミナミメダカの産卵基質となる水草が水鳥によって受動分散するのか、野外実験で確認した。サギ類が飛来する茨城県つくば市内の水田脇に実験池を1 m間隔で2つ設置し、一方の池のみに人工水草を入れて、自動撮影カメラで撮影・観察した。その結果、人工水草が飛来したアオサギの趾に付着してもう一方の実験池まで運ばれた。このことは、水鳥によって水草が分散することを示しており、卵が水草に付着していれば同時に分散する可能性が示唆された。次に室内実験として、卵を空中で乾燥させて生存率を測定したところ、水草に付けた場合に、付けていない場合よりも長い時間生存した。また、卵を付けた水草にサギ類の平均的な飛行速度である時速40 kmの風を当てたところ、全体の10%の卵が100分間以上生存した。このことから、卵が一度に70 km以上分散する可能性が示唆された。

以上より、卵が極端な乾燥耐性を持たない種であっても、広く水鳥によって受動分散する可能性がある。発表では、水鳥による受動分散がミナミメダカの個体群動態に与える影響についても議論する。