

東京技術士会報

第11号 翼を広げる技術士集団

2024年4月

目 次

東京技術士会便り	1
巻 頭 言 「インフラ需要と官民連携（PPP）」（二宮孝夫）	2
論 文 「電動化を支える要素技術の動向」（山本肇）	3
論 文 「エネルギーコストの効率的な改善」（高宮脩武）	5
活動紹介「工事監査（技術調査）の活動」（佐藤儀一）	7

お知らせ

東京技術士会は2024年（令和6年）4月1日に本社を下記に移転しました。
今後の郵送先や問い合わせ等は、新本社宛にお願いします。

★**新本社** 所在地:東京都千代田区内神田3丁目5番5号 大同ビル307号室
電 話:03-3525-7171 FAX:03-3525-7173
最寄駅:JR 神田駅・東京メトロ神田駅から徒歩 2分

なお新橋事務所（東京都港区西新橋2丁目8-1 ワカサビル 4F）は従来通りです。

東京技術士会便り

広報委員会 委員長 奥田孝之

皆様、いかがお過ごしでしょうか。東京技術士会は会報第11号を発行します。皆様に支えられて2桁台となる発行ができました。

東京技術士会は本年に練馬区から都心の千代田区に本社を移転し、年間売上高と業務内容範囲など次第に拡大してきております。今後ともよろしくお願いいたします。

さて今後に期待できる日本の技術開発には幅広い分野がありますが、マイクロロボットやナノロボットもその一つです。マイクロロボットは極小サイズすなわち大きさが1mm以下のロボットをいいます。ナノロボットはさらに小さく、ナノメートル（10億分の1メートル）単位の大きさです。そのような小さなロボットでは医療分野や人が入れない狭い場所での作業が想

定されています。たとえば血管の中に極小サイズのナノロボットを入れてがん細胞を切除したり脳梗塞が起きた患部を内側から治療したり、地震災害時に倒れた建物の中に入り生存者を探すことなどが想定されます。そのための技術開発として極小のエネルギー源（極小電池など）、超小型温度センサー、無線通信回路、マイクロアクチュエータなどの技術開発が必要です。エネルギー源としては磁気を使って発電する方法などが考えられております。医療の診断用にはカプセル型の内視鏡が実用化され、さらにコンパクト自走カプセル内視鏡も開発されようとしています。

小さいものの開発は日本が得意とするところですので、今後の動向に期待がもてます。

インフラ需要と官民連携（PPP）

会長 二宮 孝夫

Ninomiya Takao

2024 年は能登半島沖を中心とした大地震と言う大災害で幕を開けました。被災された方々には心からお見舞いを申し上げます。災害の度に交通関係から生活関連インフラの被害が我々の生活を脅かす。本稿では国内外の今後のインフラの需要と財源補完の一手法としての官民連携（PPP、Public Private Partnerships）について述べる。

(1) 国内のインフラ需要

建設経済レポート（RICE）2022 年度によれば、2035 年度の政府関連建設投資額は、現状維持の投資の場合 25.4 兆円と推定する。財源は主に国家予算と想定できるが、PFI/PPP を活用した民間資金の活用も視野に入れた投資計画が必要となる。

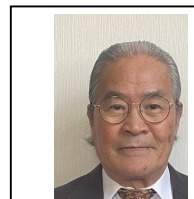
(2) アジア地域のインフラ需要

開発途上にあるアジアの国・地域では、現在の経済成長を維持し、貧困問題に取り組み、気候変動対応への必要額を考慮した必要資金の予測額は、2016 年から 2030 年の間に 26 兆ドル、年間 1.7 兆ドルの投資が必要になると予測される。各国政府の財政改革により、アジアのインフラ需要を政府部門で 40%までは埋めることが可能だが、残りの 60%は民間セクターに依存せざるを得ないと言われる。投資予測額のなかで分野別に最大のものは、電力で 14.7 兆ドル、交通・運輸で 8.4 兆ドル、通信で 2.3 兆ドル、水・衛生分野 0.8 兆ドルの投資が必要となる。（出典：アジア開発銀行）

(3) 官民連携事業の基本的な仕組み

PPP (Public-Private-Partnerships) は、1980 年代に欧米政府が、インフラ整備に不足する政府資金を民間財源に託し、ビジネスとして確立させることから始まった。課題は、①インフラ施設の技術的安全性の担保、②インフラ受益者負担の妥当性、③事業採算性計画の信頼度、④過度の財務的政府支援の回避、及び⑤事業権利者の合法性である。日本国内では PFI から包括的民間委託方式で現在までに約 1100 件以上の民間関与事業が遂行

二宮 孝夫
(にのみやたかお)
大手コンサルタントで PPP
専門家として活動
資格；技術士（経営工学）
一般社団法人東京技術士会
代表理事・会長
連絡先； iwaki190519nino@kcf.biglobe.ne.jp



されている（日本 PFI/PPP 協会）。アジア地域では 1985 年から 30 年間で約 3 千件以上が実施されているとの報告（アジア開発銀行）があるが、現在は更に増加していると推測される。

(3) 海外の発展途上国の PPP 案件例

筆者が 1990 年代に実施したタイ国の高速道路 PPP 案件事例の特徴とリスクについて紹介する。これはバンコク都内の既存高速道路に連結する延長 32km の新規高架高速道路事業で、基本的な官民の責任分担は下表のとおりである。

項目	行政側責任	民間事業者責任
用地	契約期限内に引渡	一定額の地代を割賦払い
資金	なし	全事業費必要額を調達
建設	なし	全施設の設計・建設・保証
料金	契約料金の承認	料金徴収し共同口座に送金
運営	運営規則を改訂	規則に則った運営

民間企業が PPP 事業参画可否を判断する手法の一つが事業採算性・PIRR (Project Internal Rate of Return) であり、判断基準は PIRR 値 $\geq$ 資本コスト率である（資本コスト率＝借入者が融資者に支払う金利＋出資者が求める配当率）。

この事業の問題は上表の政府側義務の不履行が発生し、融資金融シンジケーションが融資を中断した事で、民間事業者は苦境に陥ったが契約事項不順守と言うカントリーリスクの現出の前に総投資額回収を条件に、筆者の企業は事業撤退した。

(4) 今後の PPP 事業の望ましい形

民間の投資家にとって魅力的なインフラ投資や官民連携（PPP）を活用した収益性のあるインフラ・プロジェクトを実現するには、権限譲与等の規制改革が必要であろう。即ち、各国には PPP 関連法制度の整備、PPP 関連の調達・入札制度の簡素化、政府保証の有効性の担保、紛争処理手続きの導入、PPP 関連の独立した政府機関の設置など、PPP に関連する各種改革の実行が望まれる。また当該地域の行政の財政予算や民間の貯蓄資金を、生産性のあるインフラ投資に振り向けるために資本市場を一層強化させることが必要である。

電動化を支える要素技術の動向

山本 肇

Yamamoto Hajime

(やまもと はじめ)
(株)山本技術経営研究所
代表取締役
技術士(電気電子部門、
総合技術監理部門)
労働安全コンサルタント
特種情報処理技術者
連絡先
yamamoto@ytmlab.co.jp



(要旨) 脱炭素社会の推進に向けて、電動化をささえる技術として、電動機技術、パワエレ技術、バッテリー技術の今後の動向を紹介する。移動体の駆動を電動化するには、広い速度範囲で必要なトルクを発生できること、小型・軽量であることが必要であり、各要素技術の進歩が重要となる。

1 はじめに

脱炭素化、エネルギーの有効活用に向けて、従来は化石燃料を用いてエンジンで駆動していた移動体を、電気をエネルギー源として電動機で駆動する電動化の動きが広がっている。本稿では、移動体の電動化を支える要素技術とその技術動向について紹介する。

2 電動化を支える技術

2.1 電動機技術

電動機は電動化をささえる中心機器であり、さまざまな開発が行われている。

移動体においては、その応用の特性上、広い速度範囲で高いトルクを高効率に発生する必要がある、その電動機を小型化・軽量化することが課題となる。

(1) 誘導電動機

いち早く電気による駆動が適用された鉄道車両では、トルク制御のし易さから直流電動機が長く用いられてきた。パワエレ技術、制御技術の進歩によ

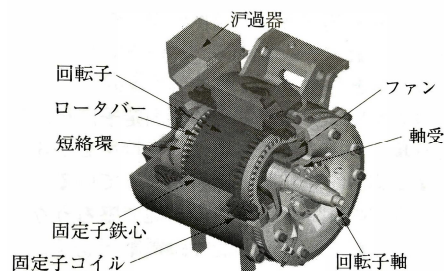


図1 鉄道車両用誘導電動機の構造
(改訂電気鉄道ハンドブック, コロナ社, 2007 より転載)

り、交流電動機のトルクを精度よく制御できるようになると、その製造性とメンテナンス性の高さから、交流電動機が広く用いられるようになった。中でも構造がシンプルで、1台のインバータで複数台の電動機を駆動することもできる誘導電動機が最も広く用いられている。鉄道車両用の誘導電動機の構造例を図1に示す。

(2) 永久磁石電動機

一般産業分野を中心に、高効率な電動機として、永久磁石電動機の適用が広がっている。移動体においても、高トルク特性と高効率性を求めて、永久磁石電動機の適用が進んでいる。

永久磁石電動機の回転子の形状を図2に示す。誘導電動機と異なり、回転子には電流は流れないため、回転子の損失は小さく、高効率にトルクを発生できる。回転子に永久磁石を埋め込み、その配置を工夫することで、磁石と電流が引き合う力(マグネットトルク)だけではなく、磁石が鉄を引き付ける力(リラクタンストルク)も併用してより大きなトルクを発生させる構造となっている。

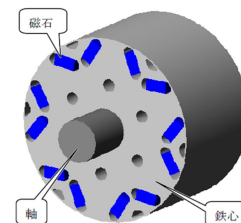
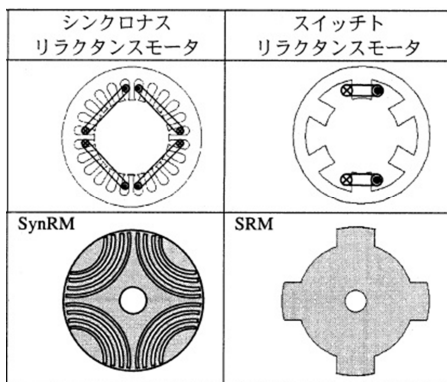


図2 永久磁石電動機の回転子の形状
(近藤「車両駆動用永久磁石同期電動機の開発」, 鉄道総研講演会資料 より転載)

(3) リラクタンスモータ

永久磁石電動機でも内部は温度が上昇するので、永久磁石電動機で使われる磁石は、高い磁束密度と耐熱性が求められる。磁石の特性改善には、レアアースと呼ばれる材料が不可欠であるが、レアアースの価格や入手性が課題になっている。その対策として、磁石量を減らす開発や、磁石を使わないリラクタンスモータの適用が試みられている。¹⁾ 主なリラクタンスモータの種類と構造を表1に示す。

表1 リラクタンスモータの種類と構造
(「特定用途指向型リラクタンストルク応用電動機の高性能化」技術報告 第920号, 電気学会 2003)



2.2 パワエレ技術

半導体電力変換器を用いて交流の周波数と大きさを自在に制御するパワエレ技術も電動化を進める上で欠かせない技術である。

電力変換器は、交流を直流に変換（整流）した上で、必要な周波数と電圧の交流に変換するインバータで構成される。インバータの半導体パワーデバイスをオン・オフすることで、直流電圧をパルス幅変調（PWM:Pulse Width Modulation）して、所望の周波数、三相交流に変換する。

現在、半導体パワーデバイスとしては、シリコンをベースに構成された IGBT（Insulated Gate Transistor）と呼ばれるデバイスが広く用いられている。より高い周波数でスイッチングでき、損失も小さく、耐熱性も高いデバイスとして SiC（Silicon Carbide）を用いたパワーデバイスの応用も始まっている。製造面の課題から価格がまだ高いが、移動体や大電力用途では大変有望なデバイスであり、今後の適用拡大が期待される。

2.3 バッテリー技術

移動体の電動化を考える上では、加速時に消費される電力の供給と、減速時に発生するエネルギーの回生を実現する手段が必要となる。その手段の1つが移動体にバッテリーを搭載することであり、そのバッテリーの容量や特性、外形や重量が移動体の性能を左右することになる。

現状、リチウムイオン電池が、そのエネルギー密度や出力特性の点で他のバッテリーに対して優位であり、適用が進んでいる。一方、現状のリチウムイオン電池は、移動体への応用としては、容量や重量、低温特性の面では、まだ十分ではなく、特性の改善や新しいバッテリーの開発が行われている。中でも全固体電池は次世代電池として実用化に大きな期待が寄せられている。全固体リチウムイオン電池は液体で構成していた電解質を固体にした電池で、従来のリチウムイオン電池に対して、安全性の向上、体積エネルギー密度の向上（約2倍）、充電時間の短縮（約1/3）などが期待される。²⁾

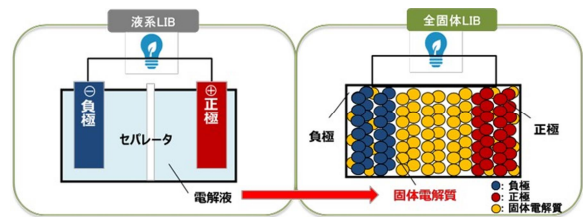


図3 全固体電池と従来の液系電池
(「蓄電池産業戦略検討官民協議会資料」, 経産省, 2022年8月22日 より抜粋転載)

3 おわりに

脱炭素社会に向けて開発が進む電動化を支える要素技術について紹介した。電動化やその関連製品の開発の検討の参考にいただければ幸いである。今回は主要要素技術に絞ってご紹介したが、各応用分野における電動化の動向についても別稿でご紹介できればと考えている。

〈参考文献〉

- 1) 「世界初 鉄道用同期リラクタンスモーターシステムによる省エネ化を実現」, 東京メトロ, 2022/11/10
- 2) 経産省「蓄電池産業戦略」, 蓄電池産業戦略検討官民協議会報告資料, 2022/8/22

エネルギーコストの効率的な善に向けて

高宮 脩武

Takamiya Osamu

(たかみや おさむ)
高宮技術士事務所 所長
技術士(経営工学)
o-takamiya68@
vega.ocn.ne.jp



(要旨) 製造業ではライン及び製造室全体をシステムとしてとらえ、各工程から生じる排熱等を他の工程で再利用する取組みや排熱活用による空間環境に与える熱負荷を軽減することによって、エネルギー削減を効率的に達成できる。ここでは、用水を含めたエネルギーの効率改善に関して、取組手順を紹介したうえで、それに基づいて実施した対応事例についても紹介する。

1 製造業の業種別エネルギーコスト

企業の生産において目標とする品質 (Q)、原価 (C) と納期 (D) は需要の3要素といわれる。企業経営においてCにあたる原価を構成するエネルギーコストとしては、燃料費と電気費が一般的であるが、製品に対して加熱・冷却の熱媒体となっている水(用水)もエネルギーの範疇としてとらえる必要性もあることから、本文では水(用水)もエネルギーコストに含めて考察する。エネルギーコストが生産額に占める割合は、2020年では図1に示すように全産業レベルでは2~3%である。4%を超えている業種は7業種あり(総生産額の34%)、10%にも及んでいる業種もある。エネルギーコストの低減は重要な経営課題といえる。

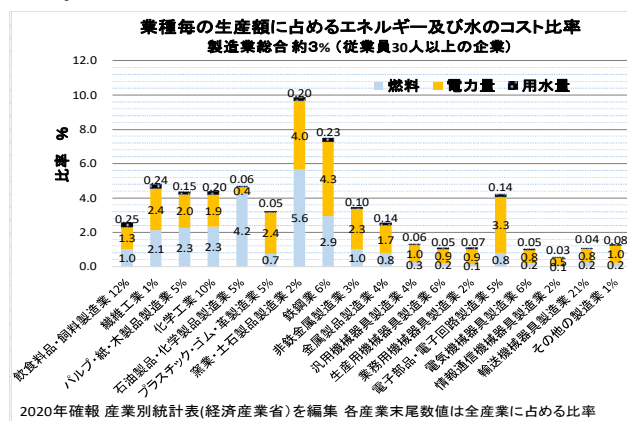


図1 製造業の生産額に占めるエネルギーコストの割合

2 システムアプローチによるエネルギーコストの効率化

2.1 問題解決の手法

エネルギーの効率化を図るには生産工程に対するシステムのアプローチである「問題解決の手法」を用いて行うことが有効である。即ち、エネルギー

コスト低減を「問題の認識」から始まる「課題解決手法」としてとらえ、その手順に沿って行うことである。具体的な問題解決手法の手順を図2に示す。

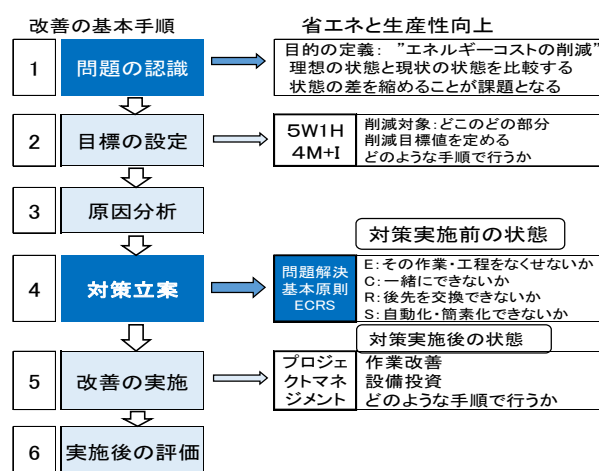


図2 問題解決の手順

2.2 ECRSの適用

図2の第4番目の手順である対策立案には問題解決の基本原則であるECRSを適用する。ここでECRSの意味は、

- E: その作業・工程をなくせないか
- C: 一緒にできないか
- R: 後先を交換できないか
- S: 簡素化とその後の自動化ができないか

であり、現場に沿った表現で示したものが図3である。現状の各製造工程でのエネルギーコスト削減を図るまえに、その工程作業がなくせないかというプロセスの立場から全体の削減を行う。図3では、その着目点も併せて示すが、Eでは生産システムの構成要素である各装置から発生する排熱や入熱の低減を、CとRでは生産システムの中での排熱量や入熱量など熱の収受を検討し、Sでは上記のエネルギー供給システムの単純化を図ることを検討する。

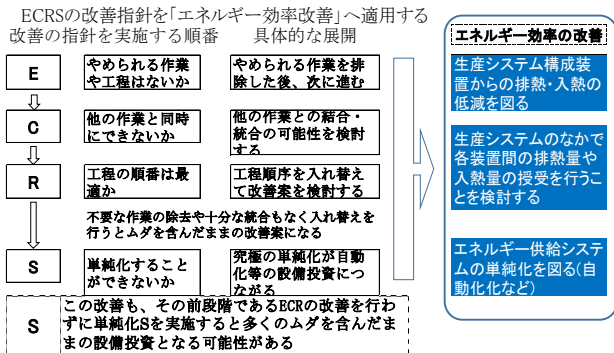


図3 ECRSとエネルギー効率の改善の関連性

3 対応事例の紹介

一般にボイラーなどでは機器単位で省エネの観点から排熱などのエネルギー回収が行われている事例が多いが、電気、ガス及び温水を含めたエネルギーの効率化の検討例は少なく実態はわかりにくい。以下では筆者らが最近、実際に食品加工工場で計画し、支援した事例を紹介する。

3.1 改善前のシステム

加工品用の空冷式冷却装置（ブラストチラー）の冷凍機を加工室内に設置した際の排熱による室内空調機の負荷を増加させることを避けるために屋外設置としているが、かなり遠方に設置されていた。

一方、洗浄工程では加工品用の容器類を洗浄するために、「給湯器」にて水道水を加熱して食洗機へ供給していた。当該機器の配置などを生産システム全体としてとらえた場合の課題には以下が挙げられる。

- (1) 冷凍機の室外機が遠方で冷媒配管が長いために効率が悪く、冷却装置の近傍に設置する場合と比較して1ランク大きい冷凍機となっている。
- (2) 冷凍機のランクを下げ、配管長さ短くするため、ブラストチラーの近傍に設置すると、空冷式冷凍機の排熱処理が問題となる。
- (3) 容器洗浄は水道水を加熱して洗浄機へ供給している。この状況を図4のシステム図に示す。

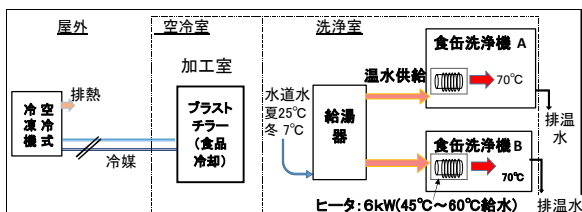


図4 ECRS改善前のシステム図

3.2 改善解決への着目点と改善検討

生産システムを俯瞰して気付くことは、冷凍機の排熱が大気中へ放出されていること及び給水機でつくられた温水を洗浄機へ供給していることである。

これをECRSの観点から検討すると、

- (1) E:「生産システムを構成する装置からの排熱・入熱の低減を図る」 冷凍機室外機(圧縮機)の容量を減らす、これは冷却器の近傍に設置することで可能となる。また、空冷式は排熱が室内の冷房負荷を増やすので、水冷式として室内への排熱を100%減らす。
- (2) C・R:「生産システムで各装置間の排熱量や入熱量の授受を行う」 給湯器の水道水加熱の熱源を水冷式冷凍機の圧縮機の排熱を温水熱用として再利用するために熱交換機能付き温水タンクを設ける。
- (3) S:「エネルギー供給システムの単純化(自動化)を図る」 水冷式冷凍機のクーリングタワー系統に代えて温水タンクによる熱交換とした単純化を図る。ただし、自動化のためには温水タンクの温度調節や補給水の自動制御システムは必要となる。

以上を踏まえての改善を検討したシステムは図5のようになる。

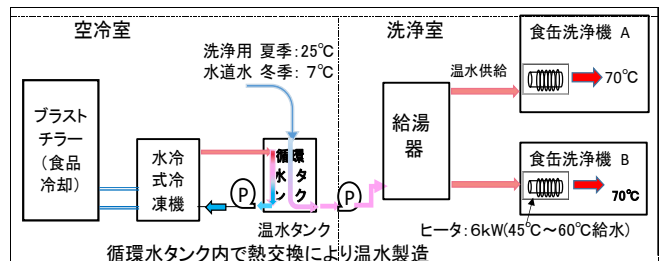


図5 改善検討後のシステム図

- (4) 検討の結果として、年間6,500kWh程度の効果が得られ、温水タンクなどを新設しても7～8年程度で投資回収が見込まれる。支援先からは、現状設備の導入は最近のことなので今後更に省エネ化をはかるため、時期を見て導入を検討したい、との意向が示されている。

【参考文献】

経済産業省：2020年確報 産業別統計表 | 工業統計調査

工事監査（技術調査）の活動

佐藤 儀一

Sato Giichi

佐藤 儀一
(さとう ぎいち)
G. SATO 技術士事務所 所長
技術士（建設・総合技術監理）
g-sato@clear.ocn.ne.jp



1. 工事監査（技術調査）とは

工事監査（技術調査）は地方自治法に基づき選任された監査委員が、地方公共団体が実施する工事について適正に行われているか監査を実施するもので、地方公共団体によっては技術的な専門的知識を有する技術士に技術調査を委託して監査を実施しています。

2. 工事監査の種類

（1）建築工事

庁舎、小中学校、体育館、児童館、福祉センター等の建物建築・電気設備・機械設備・空調設備・衛生設備等の新築、改築等

（2）土木工事

道路・下水道・公園・橋梁・駐輪場、グラウンド等の新設、改修、補修、整備等

（3）プラント工事・・・水再生センター・配水場・清掃工場の電気・機械設備の更新、改良工事等

3. 工事監査の受注

工事監査の発注は地方公共団体の監査（委員）事務局より見積依頼があり、一般競争入札で実施されます。工事監査を希望する団体は数社あり、最近は受注額が低下傾向となっています。

4. 必要資格

工事監査に必要な資格は2で述べた工事監査の種類に精通した技術士であり、建築工事では一級建築士の資格が求められる場合もあります。

5. 工事監査の実施内容

（1）調査事項

工事監査は工事の計画、設計、積算、契約、工事監理、施工、環境保全等についてそれぞれ適正に実施されているか、調査を実施します。

（2）事前調査

調査に先立ち、対象工事の計画書、設計書、積算書、契約書類、工事監理（検査、調査）、施工（計画、安全、品質、出来形、施工体制台帳、環境保全）等についての資料の提供を受け、適正に実施されているか事前に調査します。

（3）質問書作成

事前調査で判明した不明事項、確認したい事項について質問書を作成し、監査（委員）事務局へ送付し、工事監査前に回答を頂きます。

（4）工事監査

工事監査は工事担当部署、契約担当部署、設計委託業者、施工業者、監査（委員）事務局、場合によっては監査委員立ち合いの下で、午前中は書類調査、午後から現場調査を行い、1日で完了する 경우가ほとんどです。

（5）技術調査報告書

工事監査終了後、監査結果について取りまとめた技術調査報告書を作成して監査（委員）事務局へ提出し、内容の確認を経て終了となりますが、地方公共団体によっては、監査委員に技術調査報告書の内容について説明を行うこともあります。

6. 工事監査実績

工事監査は当会では平成26年度より実施し、その結果は下記の通りです。（全て東京都内）

（1）平成26年度～令和4年度・・・45件

（2）令和5年度・・・13件

令和5年度は1年間の工事監査件数がついに2桁となり、多くの工事監査担当者（特に一級建築士・機械）が必要となっています。

東京技術士会報 Vol. 11, No. 1

発行日 令和6年4月 1日

発行者 一般社団法人 東京技術士会

所在地 東京都千代田区内神田3丁目5番5号 大同ビル307号室