

論文

建設DXとカイゼン

— 中小建設業の付加価値生産性向上 —

善本哲夫*

要旨

本稿は地方圏中小建設業者の付加価値生産性向上をターゲットに、建設DX推進と現場カイゼン定着を同時実現する仕組みづくりの必要性を論じ、「建設カイゼン実装プラットフォーム」の考え方を提示する。日本国内で深刻化する生産年齢人口の減少を背景に、i-Constructionを通じて提起された建設業の論点は、生産性向上を切り口とする業界構造変革と業界魅力度の向上である。デジタル技術活用による施工プロセスの効率化・合理化が重要であることは当然ながら、就業者不足と高齢化問題に直面する建設業において、付加価値生産性向上を職場環境改善および働き方改革に結実させていく視点が不可欠である。

中小建設業へのデジタル実装で論点とすべきポイントは、3K（きつい、きけん、きたない）職場から、新3K（給与・休暇・希望）職場への改革を促進すべく、建設DXを現場カイゼンの機会や機運に恵まれなかった中小建設業の付加価値生産能力の向上意欲および意識を高めていく触媒に位置づけることである。

以上を背景に、本稿は「建設カイゼン実装プラットフォーム」をトリガーとして、建設DX実現とヒト付帯的に蓄積してきた建設業固有のノウハウ・知見を活かしたカイゼンを建設プロセス革新に活かす両面戦略が、中小建設業者にとって、また建設業全体にとって共有すべきシナリオであることを論じていく。

キーワード

i-Construction, 建設カイゼン, 働き方改革, V-Construction, 両面戦略, 建設DX

目 次

1. はじめに
2. 建設業の人手不足問題と建設 DX
 - 2.1 建設就業者の減少と高齢化
 - 2.2 i-Construction と建設 DX
3. V-construction の考え方
4. 建設業における「カイゼン」定着への試み
 - 4.1 非製造業でのカイゼンへの取り組みと建設業にみるカイゼンへの期待
 - 4.2 建設業のカイゼン展開
5. 建設カイゼン実装プラットフォーム
 - 5.1 ものづくり IoT
 - 5.2 建設カイゼン実装プラットフォームの考え方
 - 5.3 建設プロセスにおけるムダ・ムリ・ムラの洗い出し
 - 5.4 建設カイゼン実装プラットフォームの実用化に向けて
 - 5.5 働き方改革支援
6. おわりに

1. はじめに

本稿の目的は就業者不足と高齢化問題に直面する地方圏中小建設業者の付加価値生産性向上をターゲットに、建設 DX (Digital Transformation) 推進と現場カイゼン定着を同時実現する仕組みづくりの必要性を論じていくことにある¹⁾。具体的には、筆者が産学連携・文理越境型研究として実施している中小建設業向けの「建設カイゼン実装プラットフォーム」の考え方を提示する²⁾。

中小建設業は地方圏の暮らしの立脚基盤となる社会インフラの維持管理・更新を担い、自然災害により被災した地域の復旧、復興で果たす役割が大きい。地域創生において改めて分散型社会のありようが問われる 2000 年代以降の時勢において、地域維持における中小建設業者のプレゼンスは従来以上に高まっているとあってよい。しかしながら、日本建設業全体が労働力不足と公共建設投資の減少に悩み、そして 3K (きつい、きけん、きたない) 職場として敬遠されがちな業種であることから、特に中小建設業者の事業継続は大きな岐路を迎えている。以上の背景のもと、本稿では製造業発の現場カイゼンと建設業が蓄積してきた情報化施工の双方の知見を活用し、試論的視座でもって中小建設業の建設生産システム・プロセス革新および働き方改革支援の文脈から建設カイゼン実装プラットフォームのありようを考えていく。

2015 年に国土交通省は建設現場の生産性向上をターゲットに、デジタル技術活用を強力に推進する「i-Construction」の考え方を提起した。i-Construction とは、「ICT の全面的な活用 (ICT 土工) 等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、もっと魅力ある建設現場を目指す取組」³⁾である。つまり、i-Construction は

ICT 活用による建設プロセス革新を通じて、業界構造変革と業界魅力度の向上を図ろうとするものであるといつてよい。i-Construction の提起はデジタル技術活用による建設プロセス革新を加速度的に進める着火点となったが、その取り組みの多くが大手ゼネコンによる施工である傾向がみられ、本邦の公共事業の 3/4 を占める地方圏の中小規模工事、中小建設業では普及が進んでいない状況にある。i-Construction を実施する現場作業編成において ICT 建機等の先端機械は高額であり、中小規模工事を担う地方圏の中小建設業にとって金銭的な負担が大きく、また人的資源をみても多様な先進デジタル機材を使いこなす現場スキルの土台は大方が脆弱な状況にあるとみてよい。建設プロセスのデジタル技術武装が活気づく時勢において、筆者が争点とするのが、付加価値生産性向上に意欲ある建設業者のデジタル実装およびカイゼン活動キックオフの負荷軽減、である。

建設業では ICT や IoT, AI, CIM (Construction Information Modeling)、といった多様なデジタル技術を軸に無人化施工や自動化施工がフォーカスされ、それら活用を強く意識した取り組みを建設 DX, インフラ DX と呼ぶ傾向も強くなっている⁴⁾。こうした研究開発の方向性と活性化は今後の建設生産システムの高度化にとって重要である一方で、懸念されるのは、労働力不足を補う手段、また省人化として単なるヒト作業の機械作業への置換がデジタル実装の中心的な目的になってしまうことである。日本国内で深刻化する生産年齢人口の減少を背景に i-Construction を通じて提起された建設業の論点は、生産性向上を切り口とする業界構造変革と業界魅力度の向上である。デジタル技術活用による施工プロセスの効率化・合理化が重要であることは当然ながら、中小建設業へのデジタル実装で論点とすべきポイントは、これまで生産性向上や現場カイゼンに取り組む機会がなかった、また機運に恵まれなかった中小建設業の付加価値生産能力向上への意欲や意識を高めていく触媒として建設 DX を位置づけることにあると、筆者は考えている。それにより、中小建設業の各現場が自律的・能動的に「あるべき姿」に向けて現場カイゼンを進め、中小規模工事も含めた、業界全体での「働き方改革」を推進する機運・流れを創り出すことができると考えている。

i-Construction で省人化が目指されるものの、施工現場の作業は非正常性の割合が高く、その実現が困難な領域は多い。そのため、建設プロセス全体からムダ・ムリ・ムラを洗い出し、削減することから付加価値生産性を高めていく視点を重視することが肝要である。就業者減少・高齢化の実態の中で、省人化を人減らしの文脈ではなく、既存人材のポテンシャルを引き出し、工数削減、工期短縮にみる休日拡大等の就業環境・作業環境の改善を導き、働き方改革を実現する方法論として実践していくことが、特にマンパワー不足に悩む中小建設業のカイゼン活動および付加価値生産性向上の意義になる。

建設業では労働集約型産業から資本・技術集約型産業への転換が検討され、建設 DX の動きも多様化しているが、地方圏の中小建設業者による大規模なデジタル実装は容易ではない。建

設 DX の実現と同時に、ヒト付帯的に蓄積してきた建設業固有のノウハウ・知見をカイゼンと結びつけ建設プロセス革新に活かす両面戦略が、中小建設業者にとって、また建設業全体にとって共有すべきシナリオである。

以上のシナリオの実現に向け、本稿は中小建設業者の継続的な付加価値生産能力向上支援に向けた「建設カイゼン実装プラットフォーム」の考え方を提示し、建設 DX 推進と現場カイゼン定着を同時実現する仕組みの論点を展開する。

2. 建設業の人手不足問題と建設 DX

2.1 建設就業者の減少と高齢化

総務省が 2019 年に公表した「統計トピックス No.119 統計が語る平成のあゆみ」をみてみよう。平成 30 年間の人口動態を「人口減少社会、少子高齢化」、「団塊の世代が 70 歳に」「未婚率が上昇」「東京圏への転入超過続く」の 4 項目で端的にまとめており、現状を本格的な人口減少社会に位置づけている⁵⁾。人口減少と同時に、生産年齢人口も減少し、このことは産業界の国内労働力確保問題を招くことになっている。

生産年齢人口減少は建設業に深刻なマンパワー不足を招いており、その結果、社会インフラの維持・更新が困難となる時代を迎え、また、自然災害が多い本邦において、防災、減災、被災地域の復旧・復興の立脚基盤を揺るがすことにもなりつつある。

国土交通省の資料をもとに、建設業の就業状況の概観を捉えてみる。図 1 は建設投資・許可業者数及び就業者数の推移を示している。建設投資額の落ち込みに合わせて、建設業者数も減少し、同時に就業者数も下降線をたどっている。こうした建設業者数及び就業者数の減少の中で、労働編成においても建設業は大きな課題に直面している。令和元年版『高齢社会白書』で本邦の高齢化の現状を確認すると、2018 年 10 月段階で総人口は 1 億 2644 万人、65 歳以上が総人口に占める割合（高齢化率）は 28.1% となっている。社会全体の少子化・高齢化に合わせて、産業全体の就業者も高齢化率が上昇していくことになるわけだが、建設業は全産業に比して高い高齢化率にある。図 2 で示すように 29 歳以下人材の比率は 10% 付近であり、若手人材が確保できておらず、就業者の高齢化率に拍車をかけていることがわかる。高い高齢化率と若手就業者減少が、建設業の施工能力に大きな影響を与えており、若い人材にとって魅力ある就業先とすべく、例えば国交省が建設業の 3K（きつい、きけん、きたない）に変わる、新 3K（給与・休暇・希望）を実現するため直轄工事でモデル工事を実施するなど、業界全体で従来の職場イメージや課題克服に向けた取り組みに力を入れている⁶⁾。

建設業の人手不足問題は、特に地方圏でますます厳しくなっている⁷⁾。このことは、社会インフラである土木構造物の直接施工を担う地方中小建設業者の施工能力を左右することにな

図1 本邦の建設投資・許可業者数及び就業者数の推移

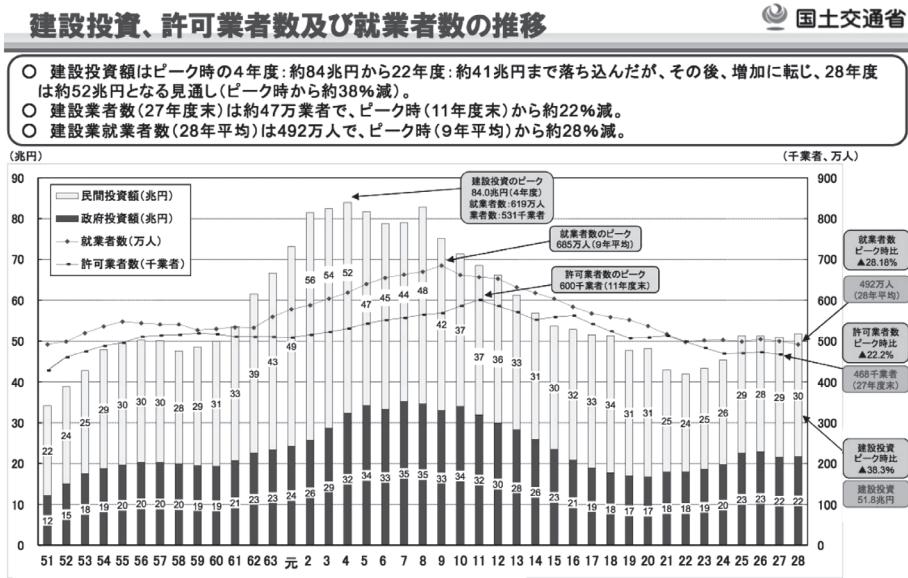
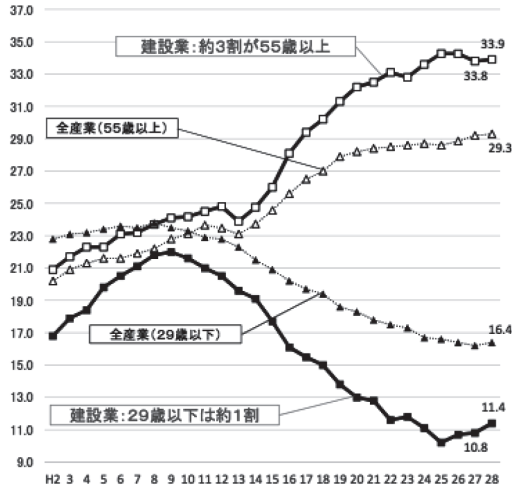


図2 建設就業者の高齢化率上昇

建設業就業者の高齢化の進行

- 建設業就業者は、55歳以上が約34%、29歳以下が約11%と高齢化が進行し、次世代への技術継承が大きな課題。
 ※実数ベースでは、建設業就業者数のうち平成27年と比較して55歳以上が約2万人減少、29歳以下は約2万人増加。



出所) 国土交通省「建設産業の現状と課題」(平成 29 年 6 月 13 日第 6 回建設産業政策会議参考資料)
 : <https://www.mlit.go.jp/common/001188729.pdf> より借用 : 2019 年 10 月 10 日入手

る。業界全体の就業者問題、そして地方圏の人手不足問題が社会インフラ整備の現状課題と重なり合い、建設業における生産性向上の取り組みが喫緊の課題となっている。

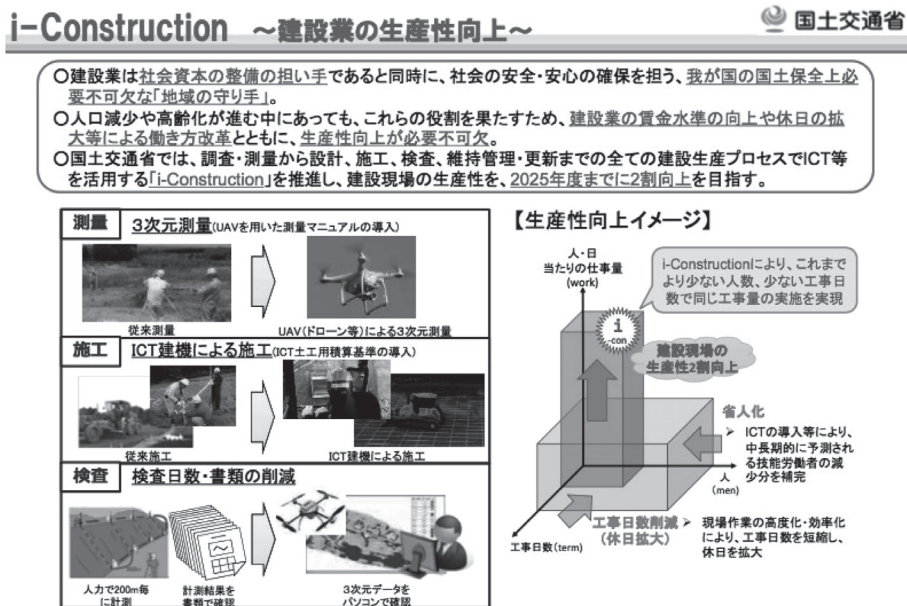
2.2 i-Construction と建設 DX

深刻な人手不足時代を迎えている建設業界の危機感は強く、国土交通省は生産性向上施策として「i-Construction」のコンセプトを打ち出した。i-Construction の考え方の土台は ICT 導入による建設プロセス全体の改革である。i-Construction 委員会の報告書では「抜本的な生産性向上」を掲げ、先述した労働力不足の状況をイノベーション喚起による建設現場変革のチャンスに位置づけている⁸⁾。

生産性向上のターゲットは、図 3 のように生産性 2 割向上による省人化と工事日数削減として設定されているが、労働力不足を補うための手段に留まらず、その目的は先述の 3K から新 3K への転換により、就業先としての魅力化を図り、業界としての体質改善、選ばれる業種に変貌することにある(建山 [2019])。

i-Construction の推進土台となっている ICT の利活用は、当該コンセプトが提唱される以前より建設業で積極的に行われ、また多くの要素技術が開発、実用化されてきている。その技術的系譜と知識・ノウハウは情報化施工として蓄積され、i-Construction に継承されている。情報化施工は土や岩、環境のデータを利活用することで建設プロセスの効率化・合理化による

図 3 i-Construction による生産性向上のターゲット



出所) 国土交通省 i-Construction 推進コンソーシアム企画委員会第 1 回資料「H28 年度の実績と H29 年度以降の取り組み」(<http://www.mlit.go.jp/common/001181285.pdf> より借用：2019 年 10 月 10 日入手)。

コスト低減や品質向上を目指すものであり、2000年代当初は「情報化技術を建設生産に適用して、施工に関する情報の効率的利用を図ることにより、施工の効率性・安全性・品質の向上、環境保全等に関する施工の合理化を図る生産システム」⁹⁾として定義されてきたが、技術が進歩した2020年代においては「最新のICTを道路、ダム、建築などの施工現場に導入することにより施工効率の改善、構造物の品質向上、施工に伴う環境負荷の低減などをはかる技術の総称」¹⁰⁾と定義するほうが現状にマッチしている¹¹⁾。

建設施工高度化の技術としてICTが積極的に活用されてきたが、i-Construction以前と以後にみるICT実装の動向を筆者なりに整理すれば、次のようになる。2015年以前は先端技術や新機軸によって「情報」を活かすことそれ自体が大きなターゲットでもあり、また施工技術統合化の技術的制約条件があったことを鑑みても、建設プロセスの部分最適化の実現が情報化施工およびICT導入の主たる成果になっていたともいえる。他方、i-ConstructionにみるICT導入推進は、多様なデジタル技術実装による建設プロセス革新を加速させる着火材となり、情報の統合化、技術のシステム化を進展させる役割を果たしたといえる。このようにi-Constructionの提起は、建設DXやインフラDXと表現されるデジタル実装推進の大きなトレンドを産み出すきっかけであったといえる。

建設DXに期待されていることは、建設生産プロセスの再構築や新たなビジネスモデル構築である（木村〔2020〕）。5GやAIの活用、また自動化施工、建機の遠隔操作に脚光が当たり、デジタル実装による施工高度化を前提とする考え方が業界に定着しつつあるといえる¹²⁾。写真1は、The 46th TOKYO MOTOR SHOW 2019 FUTURE EXPO（2019年10月24日－11月4日、東京・MEGA WEB）で展示されていたオフィスからの建機遠隔操作に関する体感型デモ風景である。

遠隔操作は、かねてより無人化施工技術として研究開発成果が積み重ねられてきた。無人化施工が実施された代表的成果として、雲仙・普賢岳の災害復旧工事がある。写真2は雲仙・普賢岳の災害復旧現場にある無人化施工発祥の石碑である。同現場は建設省（当時）による試験フィールド制度適用の最初の事例（第1号）であり、Radio Controlによる無線操縦建機、監視カメラを使った画像システム、GPSを使った運行管理システムなどを統合した遠隔操作で復旧作業が実施された¹³⁾。このように無人化施工は災害被災地復旧における二次災害等の課題解決技術として発展してきたが、その成果はi-Constructionおよび建設DXのコンテキストにおいて生産性向上技術、施工高度化技術として活用されるようになっていく。

施工のデジタル実装、無人化施工、自動化施工は特殊な技術や現場、特定の企業の取り組みではなく、建設プロセスへの組み込みが当たり前化する流れにあるといえる。例えば、すでに無人化施工や自動化施工のシステムがレンタル商品として展開されている。写真3はレンタル大手の西尾レントオールによる「新しい建機展」（2021年8月19日－20日、大阪・

写真 1



出所) 筆者撮影 : The 46th TOKYO MOTOR SHOW 2019 FUTURE EXPO (東京都江東区)

写真 2



出所) 筆者撮影 : 撮影場所 国土交通省 木野木場監視所 (長崎県南島原市)

写真 3



出所) 筆者撮影 : 撮影協力 西尾レントオール株式会社 (大阪府大阪市住之江区)

西尾レントオール R&D 国際交流センター（仮称・建設予定地）東エリア）での無人化施工等のデモ風景である。i-Construction や建設 DX を推進，実践するための研究開発機能を持たない建設企業でも，望めばデジタル技術を活用できる状況が整いはじめている。

3. V-construction の考え方

大手ゼネコンや大規模工事では i-Construction や多様なデジタル技術が急速に浸透しはじめており，また，先述のように，無人化施工や自動化施工，また i-Construction 実践の多様なデジタル機材がレンタルできる環境もある一方で，業界全体で業界体質改善に向けてデジタル実装がスムーズに実現できているかといえば，そうではない。建設 DX の議論では，先端デジタル技術をいかに活用するか論点がシフトしている気配すらある中，生産性向上によって業界構造変革と業界魅力度の向上を実現するためには，工事規模，企業規模を問わず，i-Construction を業界全体へ普及させることが不可欠である。しかしながら，その展開においても，システムによっては重厚長大の傾向が窺え，初期コストや運用コストがネックとなり，地方圏での普及が伸び悩んでいる実態がある。そのため，国土交通省は i-Construction スタート時から，中小建設業者支援を積極的に行っている。例えば，2021 年度の中小建設業者への普及拡大のための支援では，ICT 建機の導入支援に向けた認定制度創設や ICT 施工未経験企業へのアドバイスを行う取組の全国展開などの実施があげられている¹⁴⁾。こうした ICT 導入の技能や実践に関する支援の一方で，中小建設業者の施工で普及が進まない大きな要因はコスト問題にあるといつてよい。

図 4 は，国土交通省による i-Construction の取り組みに関する資料である。「ICT 施工の普及拡大に向けた課題」として，施工にかかるコストや採算性が言及されている。i-Construction，またデジタル実装の現実には，工事規模，企業規模で大きな差異が生まれつつある，といえる。つまり，i-Construction の推進では，コスト，またデジタル人材問題が制約条件となる中小建設業者での展開が課題となっている。ただし，建設業界では i-Construction やデジタル実装が活発化する以前より，技術開発・現場実装のコスト問題は大きな課題となってきた。i-Construction による生産性向上のターゲットに，生産現場の省力化・省人化がある。同じターゲットは 1980 年代から 1990 年代にかけての大手ゼネコンの技術開発においても目指され，それらにみる機械化のコスト高や投資回収が建設業の課題として指摘されている（日刊建設工業新聞社編集局 [1997]）。こうした 1980 年代から 1990 年代にみる技術開発のコスト高や投資回収の課題は，建設業の現場マネジメントのありようにおいて「高度な技術，低い生産価値」¹⁵⁾の問題として位置づけられており，先述のように中小規模工事や中小建設業で i-Construction が普及しない現状を鑑みるに，そのありようは 2015 年以後も変わっていないといえる。また，

デジタル実装, 建設 DX でも同じような構図が再生産, 繰り返されるリスクがあるといつてよい。i-Construction が 5G や AI, 自動化施工や建機の遠隔操作技術などによる施工高度化を目指すものとして新技術開発を追求すればするほど, そのリスクは高まることになる。

以上のような状況下において, 積極的に中小規模工事や中小建設業での i-Construction, デジタル実装を推進する取り組みも出てきている。5G や AI 活用を睨みながらも, ICT を使った独自の映像情報活用の工法にフォーカスを絞り, コスト高や投資回収の課題を回避しつつ, 生産性向上の実現を目指すシステムとして, 「Visual-Construction」(以下, V-Construction) が提唱されている(例えば, 可見他 [2018], 風見他 [2018])。

V-Construction とは, ICT を基軸に施工現場の映像情報を生産性向上に活用するコンセプトで, 施工現場のリアルタイムでの遠隔モニタリングや, タイムラプス映像のタグ付けによるデータベース化, 現場確認の効率化や映像情報への切り替えによる提出書類作成レス, といった技術・機能の総称である。写真 4 は, 「生産性向上プロジェクト 遠隔臨場実験」として, V-Construction の実証実験を実施している現場の風景である。写真 4 にある堀口組本社は北海道留萌市に所在し, 施工現場は苫前町にある。その間は 35 キロメートルほどの距離であり, 遠隔地にいながら施工現場にいるかのような臨場感で現場確認等が実施でき, 両地点の移動にかかる往復時間削減などができる。これら移動時間削減は, 発注者と施工現場の立会検査でも活用されている。こうしたリアルタイム映像を活用した遠隔モニタリング/コミュニケーションによる移動ロス低減によって建設プロセスの効率化等に成果を出している(畠山他 [2019])。写真 5 は映像臨場による検査等にもなう待ち時間の削減事例であり, そこで使用している機材を紹介している(西川他 [2019])。2021 年 3 月に, V-Construction の展開内容は「遠隔臨場」として国土交通省による試行要項(案)に反映もされている¹⁶⁾。同試行要項では, 遠隔臨場を「動画撮影用のカメラ(ウェアラブルカメラ等)により撮影した映像と音声 Web 会議システム等を利用して「段階確認」, 「材料確認」と「立会」を行うものである¹⁷⁾としている。

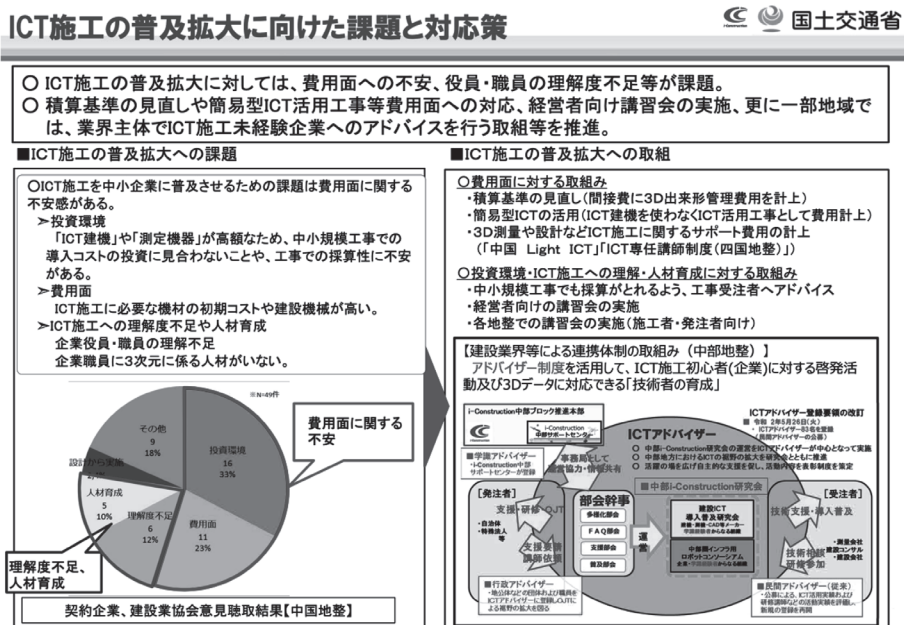
このように, V-construction では工事現場の担当者が事務所と映像と音声でリアルタイムにコミュニケーションを図り, 検査や立会を遠隔で行うことができるため, 検査官や受注者従業員の移動時間削減, また, 現場は待機時間として工事を中断する必要がなくなる(建山 [2020])。

V-Construction の取り組みは, さらにその活用領域を広げる検討を進めている¹⁸⁾。本稿が地方圏中小建設業での建設 DX 推進と現場カイゼン定着を同時実現する仕組みづくりとして提起する「建設カイゼン実装プラットフォーム」は, V-Construction の発想を土台に具体化の検討を進めている。後述するが, 当該プラットフォームはデジタル実装とカイゼン活動を映像情報で結びつけ, それを活用する作業ロスの分析・診断や多様なムダの顕在化に向けた, 現場マネジメントツールとしての活用を念頭においている。現場に埋もれた建設プロセス革新チャ

ンスを映像情報をもとに検討することで、気づきの豊富化を図ること、また、大がかりな建設機械を必要とする工程開発・改良とは違い、中小建設業のハンドリング容易性を考慮した新たな建設ツールのアイデア、創意工夫が生まれる可能性も期待している。

i-Construction 委員会報告書でも「カイゼン」に言及するものの、具体的に提起されている取り組みや施策が見えてこないのも現状であるといつてよい。ICT やデジタル技術の闇雲な現場実装は、必ずしもその効果が得られるとは限らない。このことは建設業に限らず他産業でも同様であり、システムやデジタル技術を導入した結果、活用されないまま低稼働率に陥るケースも製造業では見受けられる¹⁹⁾。i-Construction 推進による生産性向上は、ICT 導入のみで実現されるものではなく、データ・事実をもとに能動的な問題発見・解決のサイクルを回し、現場をより良い状態へと変革するプロセスが不可欠である。進化する ICT・デジタル技術の積極的活用により、建設プロセス全体を見直す／革新する潮流は勢いを増しているが、システムを導入したが遊休化するといった状況に陥らぬために、適切に ICT を使いこなすことができる現場マネジメント手法の確立によって、地方中小建設業者の建設生産システムの高度化と生産性向上の実現に貢献する仕組みづくりが必要となっている。2019 年頃より、ICT 導入やデジタル実装、i-Construction で期待する効果を得るための方法として、リーンマネジメントや製造業のカイゼン方法論がフォーカスされはじめている（建山 [2020]）。

図 4 ICT 施工普及拡大に向けた課題



出所) 国土交通省 i-Construction 推進コンソーシアム第 6 回企画委員会資料-4 「i-Construction の取組について」
https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/04.6_kikaku_siryou4.pdf より借用：2021 年 8 月 10 日入手

写真4



工事現場（苫前町）

出所）筆者撮影：撮影協力 株式会社堀口組（北海道留萌市および苫前町）

写真5



情報提供：環境風土テクノ、堀口組、愛亀

出所）立命館大学 建山和由氏の作成資料より借用

4. 建設業における「カイゼン」定着への試み

先述のように建設業でリーンマネジメント、製造業由来のカイゼン手法が着目されているが、その傾向は他産業でも積極的な展開を見せ始めている。以下では、非製造業でのカイゼン展開の取り組みの概観と日本の建設業におけるカイゼンのありように言及していく。

4.1 非製造業でのカイゼンへの取り組みと建設業にみるカイゼンへの期待

従前より、製造業由来のカイゼン手法を産業の違いを超えて展開するケースがある中（藤本編〔2007〕、其他〔2008〕）、改めて製造業によるカイゼンのノウハウや方法論を活用した非製造業の生産性向上が本邦で重視されはじめている。内閣府に設置された生産性向上国民運動推進

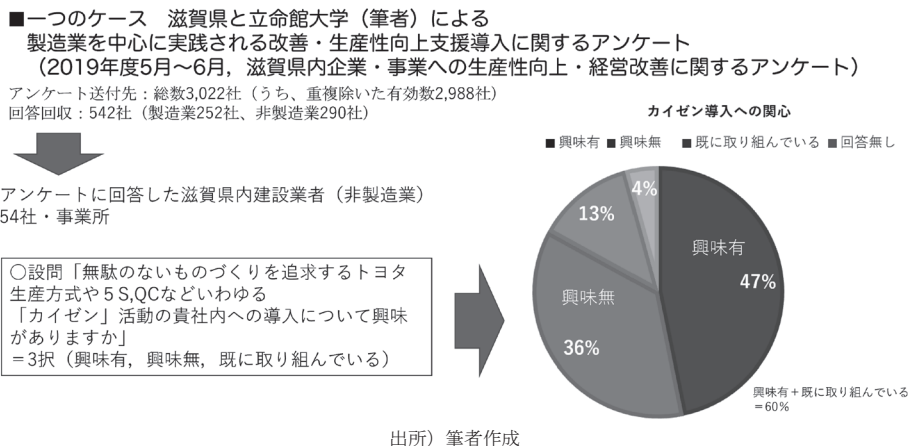
協議会では、宿泊業、道路貨物運送業、介護、飲食業、小売業などの各分野において、製造業の「カイゼン活動」等のノウハウを活用した生産性向上の取り組みに関する資料、報告書を公表している²⁰⁾。内閣府『令和元年度 年次経済財政報告』において、「製造業、非製造業ともに人手不足感が高まっている中で、特に非製造業の人手不足感が高まっている」とし、「業種別のばらつきはあるものの、幅広い業種で人手不足感が高まっていることがうかがえる」²¹⁾と指摘されているように、国内における労働力不足への切迫感が高まっており、広義にサービス業に区分される業種において製造業が蓄積してきた生産性向上策や「カイゼン」にフォーカスが当てられ、業種を超えたカイゼン活動の実施・定着が注目を集めている傾向が窺える。

筆者は2019年度に滋賀県との共同研究として、「第3次産業における生産性向上支援手法の調査研究」を実施し、滋賀県下の非製造業でのカイゼン活動に関する実証実験を実施した²²⁾。しが産業生産性向上経営改善センター（旧滋賀ものづくり経営改善センター）の改善インストラクタースクールを修了し、滋賀県によるカイゼン指導者の認定資格を有する製造業OBを県内3か所の実験実施先企業に派遣、現場カイゼン・生産性向上支援を行った。この取組における重要なポイントは、インストラクターによる直接的な改善成果を生み出すことではなく、これまで生産性向上や現場カイゼンに取り組む機会がなかった、また機運に恵まれなかった第3次産業の現場においてカイゼン意欲や生産性向上への意識を高めてもらうことにあった。

滋賀県での当該研究では、製造業由来のカイゼンの知見やノウハウの適用可能性を探ると同時に、非製造業での課題抽出に努めた。そこで抽出されたことは、予想されたことではあったが、カイゼン意識が希薄な現場では、生産性向上が「人減らし」や「作業負荷増大」のネガティブ発想に直結することを考慮する必要性であった。特に、生産性向上の文脈で省人化が語られる場合、その懸念は増幅するといつてよい。製造業とは違って第3次産業の業種では現場カイゼンの手法や実践がまだまだ広がっているとは言い難い状況にあり、実証実験協力先の現場においても、そうした懸念が当初から存在し、生産性向上の趣旨や目的を現場に対して丁寧に説明し、理解を得ることからカイゼン支援をスタートさせることにした。

「第3次産業における生産性向上支援手法の調査研究」では、2019年5月から6月にかけて、県内の企業・事業所に生産性向上や経営改善に関するアンケートを実施しており、アンケート送付先は総数3,022社（うち、重複除いた有効数2,988社）で、542社（製造業252社、非製造業290社）より回答を得た。当該アンケートのうち、建設業からの回答を抽出し、動向や考え方について整理したのが、図5である。地域限定的ではあるが、本アンケートからも建設業においてカイゼンへの期待が高い傾向にあることが窺える。

図 5 建設業界の製造業由来のカイゼンに関する興味の有無 (滋賀県内)



4.2 建設業のカイゼン展開

リーンマネジメントの考え方・手法, カイゼン活動を建設業界に導入する取り組みは, 北欧では 20 年以上前から積極的に行われている。特にフィンランドでは, 1993 年にリーン生産方式を建設分野に導入したリーンコンストラクションの国際会議開催を契機に学会組織を立ち上げて, その普及拡大を図っている。その原点は, 製造業の新しいものづくり思想 (リーン生産思想) の建設業への導入によって, 競争力向上を図る方法論として問題提起がなされたことにある (Koskela [1992])。また, 製造業との比較から建設生産, 建設マネジメントのありようを特徴づけていく理論的立脚基盤確立のための論点整理が行われてきた (Koskela [1999])。建設業の根本的なパラダイムシフトの必要性からリーン生産思想がフォーカスされ, 当該問題提起がリーンコンストラクションの考えに引き継がれていく。例えば, 従来の建設プロセスモデルは付加価値活動と非付加価値活動を十分に区別できないといった論点から, リーン生産思想に基づく新たな建設プロセス分析やムダの分析の必要性が提起されるなど, リーンコンストラクションの方法論確立が目指されてきた (Lee, et al. [1999])。また, 中小建設業者の視点からリーンコンストラクションがどのように実践されているのか, その現状と方向性が議論されるなど (Tezel [2018]), 海外では製造業のカイゼン手法や考え方を建設業に浸透させようとする動きがある。

こうした海外でのリーンコンストラクションの普及展開に呼応するように, 日本においても建設業での導入が検討されたが, 普及はしなかった (猪熊 [2014], 猪熊他 [2014])。リーンコンストラクションの導入に消極的であった理由として, 似通った活動をすでに建設業固有のものとして実践しており, なぜ新しく学ぶ必要があるのかといった指摘や, 本邦の建設業にはある程度規格化されたマネジメント手法が確立, 定着しており, 広がりを持った展開には結びつ

かななかったことが挙げられる（猪熊他〔2014〕、建山〔2020〕）。

本邦の建設業ですでにカイゼンが意識されてきたこと、また規格化されたマネジメント手法がリーンコンストラクション普及を阻んできたとされる、その背景を捉えておくことは i-Construction の普及拡大においても重要な論点になってくる。日本の建設現場は特有の現場マネジメントによって成立しており、そのことが業界体質改善の障壁になっていることが指摘されている（日刊建設工業新聞社編集局〔1996〕）。リーンコンストラクション導入においても、その特有の現場マネジメントを鑑み、製造業と建設業の違いを背景に、現場ではその適用可能性が低いと判断されたことが窺える（猪熊他〔2014〕）。これらの問題提起は、言葉を換えれば、硬直的な建設業の現場マネジメントに言及した指摘と読み替えることもできるだろう。抜本的な生産性向上を掲げ、業界構造と現場の変革をターゲットとする i-Construction の推進が、建設業の現場マネジメントのありようを変えていく機会になってくる。

他方で、現場マネジメントの低い弾力性について、問題意識をもって積極的な変革の創意工夫に取り組んできたことも事実である。例えば、CALS（Continuous Acquisition and Life-cycle Support）概念の導入と実践、ワンデイレスポンスや CCPM（Critical Chain Project Management）による工程進捗管理など、建設プロセス改革で成果をあげた取り組みも多い²³⁾。これらは建設業全体で取り組むカイゼン成果の普及・展開活動として積極的に評価、位置づけることができ、また、そこには建設プロセス改革を広角化した論点から捉えていく姿勢が貫かれていることがわかる。

i-Construction あるいは建設 DX の関心は、その多くが UAV（Unmanned Aerial Vehicle）や ICT 建機、自動化施工、AI といった要素技術やシステムに向けられている。これらデジタル技術の実装と同時に、建設業で取り組まれてきた建設プロセス改革の系譜に改めて着目することが、業界構造変革の強力なドライバーとなりうる。本邦では海外発のリーンコンストラクションの導入・普及は動きが鈍かったが、他方では建設業固有の問題解決に向けた、「建設カイゼン」といえる創意工夫の取り組みの土壌は業界内で培われている。その土壌をさらに豊かにし、そこに中小建設業の自律的な現場マネジメントレベルの取り組みとしてカイゼンを定着させるタネをまくことが、建設業におけるプロセス革新の大きな課題である。

5. 建設カイゼン実装プラットフォーム

i-Construction あるいは建設 DX を中小建設業へと普及拡大させるためには、コスト問題、人材問題がネックであることはすでに述べた。他方で、労働力不足、高齢化率の問題が深刻さを増している中で、進歩するデジタル技術を付加価値生産性向上の手段として実装していくことが、地方圏中小建設業の事業継続の上でも、また、社会インフラの維持・更新や防災・減

災、災害復旧対応にとっても、必要不可欠な取り組みであることは論を待たない。以下では、建設業で取り込まれてきた建設プロセス改革の系譜を継承し、かつヒト付帯的に蓄積してきた建設業固有のノウハウ・知見を活かし、自律的な能力構築に向けてデジタル実装を活用する論点を述べる。そして、建設カイゼンを促進する支援システムとして「建設カイゼン実装プラットフォーム」の考え方を提示する。

5.1 ものづくり IoT

先述したように、製造業由来のカイゼン方法論が、多くの産業で実践される傾向が強くなっている。その背景にはサービス業等のように、製造業と比べて低い生産性に喘いでいる状況を打破すること、また業界活性化のカンフル剤とすることがカイゼンに期待されている。しかしながら、製造業においても、中小企業で低生産性に苦勞している現場や、カイゼン活動やカイゼンマインドの定着に悩む現場は多い。製造業の優良現場にみるカイゼンは、適正なインプットのコントロールとアウトプットの増加を基軸とする、効率的・合理的な付加価値生産の実現をターゲットの一つとする。他方で、低い生産性に悩む現場の多くで生産性向上として実施される施策が、インプット（労働投入量）の削減である。つまり、人減らしが行われるケースである。

2000年代、生産性向上のツールとしてIT（Information Technology）の導入が製造業を席卷した。しかしながら、IT導入が生産性向上をダイレクトに導くわけではない（善本・藤本〔2009〕）。重要な論点は、導入したITをものづくりパフォーマンス（Q: Quality, C: Cost, T: Time）向上に結実させることであるが、その実現には現場カイゼンが不可欠である。

現場カイゼンの入り口は、現状分析や現場診断、問題特定を行うため、現実を測定し、データ・情報を収集することである。マンパワー不足に悩む中小製造業では、この作業が現場の大きな負荷となっている。2000年代に製造現場で測定作業やデータ管理にITを導入する大きな潮流が生まれた。しかしながら、コストが高い、また、システム・機器が遊休化するリスクから導入を躊躇する企業や、IT導入それ自体が目的化することでカイゼン活動活性化にまで至らない、といったケースも散見された。そうした実態を踏まえ、筆者はカイゼン意欲はあるが、実践や学ぶ機会が乏しかった中小製造業向け、特にカイゼン初心者を対象に、導入コストが低く、現場のカイゼン活動の定着度やありようと歩調を合わせ小刻みにアップデートと統廃合ができる「改善支援プラットフォーム」を提唱し、現場での実証実験を行った（善本〔2013〕）。そこで重視したポイントの一つはデータの自動収集であり、測定作業の工数を可能な限り削減することであった。

データの自動収集は、デジタル技術の進歩によって安価で容易にシステムを構築することが可能となっている。ものづくりの現場へのIT導入も、2010年代後半から自動収集とシステ

ム構築の簡易性から IoT（Internet of Things）導入と呼ばれるようになり、中小製造業でも取り組める「身の丈に合った IoT」として、生産性向上に寄与するケースが生まれている（「工場管理」編集部編〔2018〕）。「身の丈」とは、カイゼンの経験、実力に合わせたシステムを組み、導入することを意味している。中小製造業においてカイゼン活動でのデジタル技術活用の重要なポイントは、導入コストである。IoT に関心はあるが、巨額の資金が不要で、簡便で効果的な仕組みが中小企業で求められている（金〔2018〕）。IoT では、「改善支援プラットフォーム」のコンセプトが基軸とした導入コストの低さと、現場実態に合わせた小刻みなアップデータ等を容易に実現できるようになった。例えば、小型ボードコンピューターと無線 LAN で加工情報を自動収集する低コストのシステムを自作し、カイゼンに結びつけるケースなどで成果が生まれている（「工場管理」編集部編〔2018〕²⁴⁾。

5.2 建設カイゼン実装プラットフォームの考え方

カイゼンの基本は、データ・事実で語ることである（Imai〔1986〕）。先述の「改善支援プラットフォーム」や「ものづくり IoT」の発想の論点は、中小製造業者の現場が手軽に導入することができる、低コスト性と簡易性を軸にデータを自動収集することにある。本稿で紹介した V-construction は、施工のありようをデジタル映像情報として自動的に記録、収集、処理、共有する仕組みとしてシステム化されており、手入力作業による書類作成などは不要となっている。V-Construction は無人化施工や ICT 建機の活用などの重厚長大なシステムを導入するものではない。中小建設業の導入コストや投資回収のハードルを下げることを考慮した、システム構築が目指されている。

V-Construction は遠隔モニタリングによる移動ロス低減など、建設プロセスの効率化等に成果をあげており、次のステップとしてデジタル映像情報をカイゼンに結びつけて活用することが検討されている。V-Construction を活用すれば、必要なデータ・事実のハンドリングにかかる付随作業を効率化することで、現実の解釈や分析、問題発見および解決策検討に工数をかけることができることになる。つまり、労働力不足に悩む地方圏中小建設業において、映像情報の自動収集、共有の仕組みによって測定作業を実施できれば、付加価値生産性向上に直結する改善アイデア創出、創意工夫の実践にかかる正味作業に資源配分および工数をかけることが可能になる。

しかしながら、V-Construction の実装においても、建設 ICT としては軽量級ではあるが、それでもデジタル技術、ICT に関する知識や運用ノウハウが豊富な業者ばかりではなく、特に中小建設業では効果的な活用が難しいケースも想定される。製造業における「改善支援プラットフォーム」や「ものづくり IoT」の発想にみる、より軽くて安いデジタルツール活用の発想を V-Construction のコンセプトに結びつけ、建設カイゼンに意欲を持つ中小建設業者が

手軽に導入できるシステムの開発が必要だと筆者は考えている。つまり、V-Construction を現場実装する前のデジタル実装トレーニングのツールとして、建設カイゼン実装プラットフォームを位置づける考え方である。デジタル実装と生産性向上が i-Construction や建設 DX の文脈で議論されている時勢において、中小建設業者によるデジタル実装の第一歩をサポートし、同時にそれらを活用したカイゼンを触発することが、本研究のターゲットである。

建設カイゼン実装プラットフォームの具体化を進めるにあたって、初期費用・ランニングコストを低く抑えることができるとともに、必要に応じて改良やアップグレードが可能となるよう、誰でも購入できる汎用デジタル機器で構築が可能なシステムを検討している。すでに述べたように、大がかりなシステムである場合、それらの遊休化リスクやコストから導入を躊躇する、またシステムの利用それ自体が目的化してしまいかねない。ICT 活用やカイゼンの経験に乏しい企業においては、低コストであり、簡易なシステムであれば、トライアル & エラーの実施や他目的への転用も容易となり、また、新たな切り口の仕組みへのスイッチングコストが低ければ低いほど、導入の敷居は低くなる。現場状況を記録する映像からは、様々な情報を得ることが可能となる。それら情報から客観的な視点で現場状況を把握し、小さな気づきが得られることも想定される。まずは映像情報の記録を基軸とする比較的単純な仕組みとカイゼンの試運転として、中小建設業の現場マネジメントで自律的な変革のエンジンを始動させることが、建設カイゼン実装プラットフォームの果たす役割である。

変革エンジンの始動に向けて、多様なデジタル技術活用とともに、製造業由来のカイゼン方法論を施工現場に適用する準備が必要である。先述のように、本邦で海外発のリーンコンストラクションの紹介、普及が試みられたが、それが軌道に乗ることはなかった。以下は今後の研究としてさらに調査、検討していく課題であるが、その要因は、「製造業のカイゼン方法論を建設業に移植すること」が論点となり、日本の建設業が施工現場で蓄積してきた現場マネジメントや知見を組み込んだ方法論として再構築されなかったことにあると筆者は考えている。しかしながら、付加価値生産性を高めるカイゼンが立脚する生産思想は、製造業であるか、建設業であるかを問わず、同じである。それは、いかにして全体最適の視点から付加価値生産時間比率を高めるかにある。

5.3 建設プロセスにおけるムダ・ムリ・ムラの洗い出し

日本国内でのリーンコンストラクションの紹介、普及において、建設土木作業の特徴や標準作業のありようが考察された(猪熊他 [2014], 中川 [2005])²⁵⁾。論点は、作業ロスにみるムダの洗い出しである。建設カイゼン実装プラットフォームの考え方を中小建設業に普及させていくためには、まずは付加価値生産時間比率を高める出発点として、ムダの顕在化に関する視点を導入していくことが必要である。

以下、建山〔2020〕がケースとして検証している、舗装を施す前の路体構築の道路土工プロセスの正味作業、付随作業、ムダの3分類を取り上げてみたい。図6は一般的な道路土工の作業工程を表している。正味作業は、建機を使って地山の掘削・運搬・敷き均し・締めめを実施する一連の作業である。付随作業は、施工状況の撮影や測量、書類作成、出来形計測などである。ムダとして、工程間の調整時間や検査のための待ち時間などが挙げられる。

このように、正味作業は一般に建設機械等を使用して構造物を造る作業で、その効率化や省人化はさらなる機械化やロボットの開発・導入等、比較的大がかりなものとなる。i-Constructionや建設DXにみる自動化施工や無人化施工は、正味作業の合理化・効率化・迅速化・省力／省人化がターゲットになる。そのため、建設プロセスの生産性向上に、一般に人手と時間を要する付随作業の効率化や工程間の時間調整、検査のための待ち時間等のムダの削減が大きな役割を果たす。

建設カイゼン実装プラットフォームは、付加価値創出にとって不要な動作・時間について、建設プロセスの多様な諸作業に視野を広げ、分析していく機能をV-Constructionを土台に形成するものである。このプラットフォームの役割は、簡易で、かつ投資回収リスクを避けながら、付加価値創出に寄与しないムダの削減と付随作業の効率化に向けたカイゼン推進の支援ツールとして機能することであり、また、慣習化された作業、動作そのものの見直しをする機会を作ること、である。映像情報の分析により、ムダのみならず、ムリ、ムラのある作業の洗い出しも可能となる。付加価値を生む正味作業においても、ムリを強いる、またムラがあれば、それは不適切な作業である。建設施工現場の就労環境や作業条件は改善されているものの、事故発生件数は多く、3K職場を新3K職場へと転換させるためには、不適切で危険な作業・動作の顕在化や削除が土台となる。「ICTを生産性向上だけでなく、建設工事における事故や労働災害防止に活用しようとする取組み」²⁶⁾がはじまっており、映像情報による問題発見への期待は高まっている。つまり、建設プロセスに潜むムダや不適切な作業等を洗い出すことは、生産性向上と同時に、職場環境を良くすることに結びつくわけである。

V-Constructionの利点は、施工現場の個別作業のロス等に目を向けるだけではなく、建設プロセス全体の俯瞰からムダ・ムリ・ムラを評価し、実態を映像として「見える化」し、共有することにある。いわば、7つのムダ（手待ち、作りすぎ、運搬・歩行、加工、在庫・予備、動作・動き、不良・手直し）に代表される生産ロスに焦点を当てていくことができる。

建設プロセスにおけるムダ・ムリ・ムラの洗い出しと顕在化は、慣習化されている作業や仕事の内実を見直す契機となり、それらの削除によって生産性向上と職場環境改善に寄与することが可能性になってくる。建設プロセスにおけるムダ・ムリ・ムラの見える化および顕在化ツールとして手軽に運用することで、中小建設業にデジタル実装への足がかりとなる知識、経験を得る機会を提供することが、建設カイゼン実装プラットフォームが目指す、実用化のある

べき姿である。

しかしながら、リーンコンストラクションが普及しなかったように、製造業のカイゼン方法論移植に偏重した発想からムダ・ムリ・ムラを評価すると、同じ事が繰り返されることは容易に想像される。付加価値生産時間比率向上に向けた建設プロセスにおけるムダ・ムリ・ムラの洗い出しは、先述の「建設カイゼン」といえる創意工夫の取り組みの土壌に加えて、施工現場の作業環境が一過性であり、また、建設生産に内包される変動性への現場の対応力、柔軟性を鑑みて、評価する必要がある。作業ロスの分析も含め、そうした建設プロセス固有の特性や実態を踏まえた付加価値生産時間比率の向上策を検討することが必要である。

図 6 道路土工における作業工程と付加価値・付随作業
土工における一般的な作業工程



道路土工における付加価値作業



付随作業事例 (写真撮影, 測量)



出所) 立命館大学理工学部建山和由氏作成資料より借用

5.4 建設カイゼン実装プラットフォームの実用化に向けて

ムダ、そしてムリ、ムラも排除し、また、付随作業の合理化・効率化によって付加価値を生み出す正味作業の比率を高めていくという、カイゼン活動による生産性向上の基本的考え方を導入し、実践するためには、建設作業を記録、測定、分析することが不可欠である。映像情報の活用にはフォーカスする V-Construction は、i-Construction による生産性向上施策の幅を広げるものとして期待できるコンセプトである。

すでに述べたように、建設工事における典型的なムダとして、工程間の調整時間や検査のための待ち時間がある。写真 4、写真 5 で V-Construction の実施風景を紹介したが、同システムを建設カイゼン実装プラットフォームとして拡張していくため、立命館大学びわこ・くさつキャンパス内で実験を実施した (写真 6)。多様な角度から実用性評価を進める中で、システムのセッティングや運用で手間取ることも多く、デジタル技術や ICT の運用・活用に不慣れた建設業者では、V-Construction の導入に躊躇しかねないことがわかった。PC の操作、通信環境の整備、映像情報機材のハンドリングについて、より簡易に運用できるよう配慮が必要にな

る。こうした論点から、筆者は産学連携・文理越境型研究として、機能はより限定的だが、ICT に不慣れであっても容易にセットアップが可能となるよう、B to B の専門性が必要とされる機材ではなく、スマートフォン、アクションカメラ、骨伝導イヤホンなどの B to C の商流、つまり家電量販店などで購入することができる汎用機材を中心とする組み合わせ型のシステム構想設計の検討を進めている。また、その方向性としては「ものづくり IoT」のように手軽で安価なシステムを自作し、改良することが容易な入門者向けシステムのレファレンス・キット化を視野に入れている。

汎用機材によるレファレンス・キット化とともに、さらに実用化の方向性として検討すべき課題は次の通りである。ヒューマンエラー防止・ヒヤリハットをしっかりと組み込んだシステム設計開発をする必要がある。建設カイゼン実装プラットフォームは映像情報の分析により、ムダ、ムリ、ムラを洗い出し、そのことで危険な作業・動作の顕在化や排除が期待されるわけだが、他方では V-Construction コンセプトの運用自体に、ヒューマンエラー、つまりヒューマンファクターズを誘発するリスクも潜んでいることが、大学キャンパスでの実証実験で明らかになった。映像情報収集自体が「ながら作業」になりかねないわけである。映像情報の記録作業や通信作業など、システム操作に意識が集中するあまり、作業員自身の周辺への注意がおろそかとなるリスクがある。いわば、「歩きスマホ」と同じく、転倒などのリスクがつきまとう。特に現場環境を考えると、道路での歩きスマホ以上に危険な状況を生みかねない。こうしたリスクを回避するために、V-Construction コンセプト運用のガイドラインをしっかりと作成し、現場で徹底する必要がある。

写真 6



出所）筆者撮影：撮影協力 立命館大学理工学部建設保全工学研究室（滋賀県草津市）

5.5 働き方改革支援

i-Construction が引き金となったデジタル実装の動きは、より大規模なシステム研究開発の潮流を生み出している。その動向が目立ち、また、省人化が先行して議論される結果、建設

DX およびインフラ DX の推進と働き方改革がうまく呼応していない様相も見え隠れする。i-Construction が生産性向上の実現でめざす建設プロセス革新は、業界構造変革と業界魅力度の向上を図ろうとするものであり、建設業の働き方改革の推進と同義であるといつてよい²⁷⁾。生産性向上、省人化の言葉が一人歩きすると、作業負荷増大といった懸念が生じ、現場はカイゼンに消極的なスタンスをとってしまいかねない。

本稿が提起する「建設カイゼン実装プラットフォーム」は、その開発コンセプトの基軸をカイゼンによる「3K 職場から新 3K 職場への転換」に位置づけ、ターゲットとして付加価値生産性向上と職場環境向上への意識を触発することにフォーカスをあてている。付加価値生産性向上と職場環境向上の動きを、本邦の建設土木工事の多くを占める地方圏の中小建設業者からボトムアップ的に加速させ、働き方改革推進を支援するためにも、「建設カイゼン実装プラットフォーム」が重視すべきことは、導入障壁となるコスト・投資回収問題とオペレーションにかかるデジタルスキル問題を可能な限り回避できる低コストかつ簡便性を土台とする設計思想である。当該プラットフォームを本格的な建設 DX およびカイゼンを導入するためのトレーニングツールとして活用し、次のステップとして V-Construction へと段階的に移行するレファレンスモデルが、中小建設業のマインドセットを働き方改革と多様なデジタル技術活用の指向性をもった思考モードへと変革させるエンジンとなりうる。本稿は、そのモデル提示に向けた取り組みの一環に位置づけられる。付加価値生産性向上による工数削減、工期短縮は、就業・作業環境の改善に結びつくものであり、それらを現場が受益として実感することが可能となるよう、現場マネジメントのありようを見直し、また就業者確保に向けて、その成果を視える化することが、中小建設業者の経営層に求められてくる。

働き方改革支援として、建設カイゼン実装プラットフォーム、V-Construction が有効だといえる点の一つとして、建設業の作業環境の一過性を越えて、適切な作業環境をどの現場でも再現するルーティンの形成に役立つことである。現場を映像情報として記録するため、作業環境が一過性であっても、その状況を事後的に検証することが可能となる。映像による事後検証は労働災害が発生した際の原因解明・追求や解決策検討など労働安全衛生の向上に効果を発揮するのみならず、カイゼンの基礎である 5S の点検、チェックに役立つ。映像情報によるムダ・ムリ・ムラの視える化、つまり建設プロセスに潜むムダや不適切な作業等、生産ロスを洗い出すことが、生産性向上と同時に職場環境を良くすることに結びついていく。こうした作業環境向上をモチベーションに、その試行錯誤によって新たな付加価値生産性向上の方向性が見つかる、といったサイクルを自律的に運動させていくことが中小規模工事、中小建設業者に根づけば、地方圏の施工現場からデジタル実装を働き方改革に結びつける新機軸や興味深いアイデアが生まれることも期待できる。

6. おわりに

中小建設業者にとって、また建設業全体にとって共有すべき生産性向上に向けたシナリオとして、デジタル実装と建設カイゼンを共鳴させる両面戦略を提起することが本稿の役割である。中小建設業者が i-Construction、また、建設 DX に踏み込むには、すでに指摘したように「高度な技術、低い生産価値」の構図から脱却することが不可欠であり、また、同時に就業者を確保していくためには、生産性向上を職場環境改善や働き方改革へと結実させていくことが欠かせない。

地域限定的であるが、本稿による滋賀県のケースから推察するに、地方圏中小建設業者のカイゼンへの興味関心は高いことがわかる。本稿は「建設カイゼン実装プラットフォーム」の考え方を提示した。当該プラットフォームの実用化で意図する研究の社会的な貢献は、これまで生産性向上や現場カイゼンに取り組む機会がなかった、また機運に恵まれなかった中小建設業の変革意欲を高めてもらうことにある。2019 年度に実施した滋賀県との共同研究（サービス業での生産性向上）では、非製造業の現場で十分に引き出せないでいる優良職場化へのポテンシャルに改めて目を向けた。建設業においても、まだまだ引き出せないでいる就業者や現場のポテンシャルが存在するはずである。それらポテンシャルを刺激し、活用するためのトリガーとして建設カイゼン実装プラットフォームを活用し、その経験、ノウハウを蓄積した後に、本格的に V-Construction 導入へと進む道筋を、筆者は今後の研究展開として描いている。

1990 年代以降、建設業において、就業者の高齢化や熟練工不足への対処として省力化工法、機械化工法が盛んに進められてきたが、過去の経緯を振り返れば、自動化施工や無人化施工の用語先行や一人歩きがあり、またその有効活用においてもコスト問題や段取りに時間がかかるなど、その成果は期待されたよりも現れず、その姿勢は後ろ向きであったと指摘されている（日刊建設新聞工業新聞社編集局〔1995〕）。

建設 DX の議論は、デジタル実装を業界構造変革と業界魅力度の向上に結びつける新たなトレンドを生み出しているといっていよう。しかしながら、そのトレンドと地方圏の中小建設業者の ICT 活用状況の実態との間に、大きな乖離があるのも現実である。中小規模工事や中小建設業に、段階的な導入ステップを踏まない大掛かりな i-Construction や建設 DX の実践を過度に期待することは、1990 年代以降の建設業界にみる省力化、省人化や機械化工法と同様に、用語の一人歩きや地方圏の施工現場のネガティブな見解を増長しかねない。多様な ICT やデジタル機材、システムのレンタルサービスの充実や、活況を見せる建設土木のデジタル化に関する研究開発動向など、誰でもデジタル実装の恩恵を享受できる業界環境において、その活用による生産性向上は地方圏中小建設業にとって、また社会インフラの維持・更新

および防災・減災対策にとっても、不可避の必要条件になってきている。そうであるからこそ、i-Construction 推進を契機に建設 DX が活況を呈している 2020 年代の潮流において、デジタル実装への落胆や失望感を生み出さぬよう、ICT 等の技術を「ツール」に生産ロスを探り出し、付加価値生産性向上を働き方改革の取り組みとして実感できる仕組みづくりが中小建設業の支援策として肝要になっている、と筆者は考える。

付加価値生産性向上が実現すれば、産み出した時間を休日拡大のみならず、技能レベルアップやマルチスキル化などの時間として配分することができるようになる。すでに、V-Construction は映像情報を使った技能訓練・技能承継ツールとしての実績もある。付加価値生産性向上および人材育成ツールとして同じシステムを多重利用することができれば、担い手不足に悩む中小建設業において、新規就業者の確保のみならず、従業員の資格取得支援や多能工育成を時間とコストの両面で効率的に実施することも視野に入ってくる。このことが中小建設業による人材育成の原動力となれば、業界構造変革と業界魅力度向上の機運を現場へ呼び込むことに結びついてくる。

これまで本稿は、映像情報を活用する情報化施工とカイゼン方法論に目を向け、中小建設業にフォーカスした持続的な付加価値生産性向上サイクル確立を支援する仕組みが必要であることを論じてきた。本稿が主張する両面戦略のシナリオに向けた提案の一つが、デジタル実装に躊躇する中小建設業者向けの建設カイゼン実装プラットフォームの実用化である。本研究は途に就いたばかりであり、今後は当該プラットフォーム以外の仕組み構築も睨みながら、産学連携・文理越境型研究による集合知の視点で、具体的な付加価値生産性向上に寄与する取り組みを進めていく計画である。

<注>

- 1) 本稿は、第 21 回および第 22 回国土技術研究センター研究開発助成制度、また、科研費基盤研究 (C) 研究課題番号「17K03980」の支援による研究成果の一部である。
- 2) 本研究は、産学連携・文理越境型として以下の実務家および研究者の協力を得ている。環境風土テクノの須田清隆氏、可児建設/建設 IoT 研究所の可児憲生氏、応用技術株式会社の渡辺健司氏、立命館大学理工学部環境都市工学科の建山和由氏および横山隆明氏。また、現場調査・写真撮影等の協力を株式会社堀口組、西尾レントオール株式会社から得ている。研究調査協力に深謝したい。なお、本稿は執筆者個人の見解であり、また、事実間違い等の責は筆者にある。
- 3) i-Construction の定義は、国土交通省 i-Construction ホームページ：<https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>（筆者：2021 年 8 月 10 日閲覧）より借用している。
- 4) 建設 DX は木村 [2020]、インフラ DX は国土交通省インフラ DX プレスリリース参考資料 (<https://www.mlit.go.jp/common/001398780.pdf>) を参照されたい。
- 5) 総務省「統計トピックス No.119 統計が語る平成のあゆみ」2019 年 (<https://www.stat.go.jp/data/topics/pdf/topi119.pdf>)。
- 6) 国交省資料「新 3K を実現するための直轄工事における取組」を参照されたい (<https://www.mlit.go.jp/>)

- tec/content/001368311.pdf より入手：2021年8月1日）。
- 7) 労働力問題の他、例えば、地方圏の中小建設業に関する多様な問題のありようについて、原田〔2019〕、白井〔2019〕を参照されたい。前者は中小建設業者の実態を企業内部の視点から論じ、事業承継の問題提起を行っており、後者は地方圏、特に過疎地域の建設業者の衰退を排他的受注圏のありようから考察している。
 - 8) i-Construction 委員会「i-Construction ～建設現場の生産性革命～」2016年（<https://www.mlit.go.jp/common/001127288.pdf> より入手：2021年8月1日）。
 - 9) 渡辺〔2001〕、43ページ。
 - 10) 建山・横山〔2016〕、447ページ。
 - 11) 情報化施工の歴史や基本的な考え方については、鈴木〔2004〕がわかりやすく論点を整理している。
 - 12) 例えば、i-Construction と新技術の特集が組まれた建設業界誌の『土木施工』Vol.61, No.1, 2021を参照されたい。5GやAI、自動化施工等の事例や取り組みが数多く紹介されている（三浦〔2021〕、吉田〔2021〕、渡邊他〔2021〕など）。
 - 13) 日本国内における無人化施工の実施数（1994年から2017年までの24年間）については、猪原〔2018〕を参照されたい。
 - 14) 国土交通省プレスリリース参考資料「建設現場の更なる生産性向上に向けて～令和3年度 i-Construction の主な取り組みについて～」（<https://www.mlit.go.jp/common/001397718.pdf>：2021年7月28日入手）。
 - 15) 日刊建設工業新聞社編集局〔1997〕では、革新的な技術や巨大な機械化工法にみる高度な技術が開発されても、その評価が低い結果、利益なき繁忙状態に陥っていると指摘する（74～85ページ）。
 - 16) 国土交通省「建設現場の遠隔臨場に関する試行要領（案）令和3年3月」（<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001397221.pdf>：2021年8月1日入手）。
 - 17) 国土交通省「建設現場の遠隔臨場に関する試行要領（案）令和3年3月」、1ページ。
 - 18) 例えば、須田・金井〔2021〕を参照されたい。
 - 19) 善本〔2013〕を参照されたい。
 - 20) 内閣府「平成30年度中小企業・サービス業等の生産性向上の取組に係る調査報告書」（<https://www5.cao.go.jp/keizai1/productivity/productivity.html> より入手：2021年4月26日）。
 - 21) 内閣府『令和元年度 年次経済財政報告』、61ページ（https://www5.cao.go.jp/j-j/wp/wp-je19/index_pdf.html より入手：2021年4月26日）。
 - 22) 当該研究は滋賀県による「第3次産業生産性向上支援事業」の一環として、2019年度に実施した。
 - 23) CALS 導入や実践について、池田〔1997〕、大崎・深谷〔1997〕を参照されたい。ワンデイレスポンスは、「工期が1日延びる損失を受発注者で認識し、双方で問い合わせ等に対して、1日あるいは適切な期限までに対応することにより、待ち時間を最低限に抑える取り組み」である（国交省資料「発注者と受注者のコミュニケーション強化」<http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/hinkaku/kondankai21-1/shiryou2.pdf>：2021年4月10日入手）。
 - 24) 長谷川萬治商店の木材加工現場のケースであり、加工情報収集システムは市販の Raspberry Pi をサーバーに、無線 LAN 子機、無線 LAN 親機で構成され、ソフトウェアは社内開発のものを使用している。収集した加工データは NAS (Network Attached Storage) に記録されるため、Raspberry Pi が壊れても容易に復帰させることが可能であり、機器の交換や置換、またアップデートも簡単に実施できる（2018年当時の長谷川萬治商店プレカット事業部中澤賢部長へのインタビューおよび提供資料による）。
 - 25) リーンコンストラクションの普及において、製造業のカイゼン方法論を建設業に移植することが目指されたため、猪熊他〔2014〕、中川〔2005〕は作業の標準化を中心とする論考となっている。標準無くしてカイゼンは無く、作業の標準化とその徹底がオペレーションの土台を形作り、その標準をパフォーマンス向上に向けて改訂していくことが付加価値生産性向上に向けた製造業の基本的なカイゼンの考え方であるが、建設土木作業を標準化することは、難しいといえる。工事対象が現場毎に変わること、また、天候や工事対象が変化していく過程で突発的なトラブルが発生するなど、施工現場は

作業環境の一過性にみる不確実性, 変動性が極めて高い。その結果, 建設土木作業において標準作業書を作成し, 徹底することは難しい。本文で述べているように, 建設生産に内包される不確実性, 変動性への対応力や柔軟性を損なわない, つまり長所を活かす視点から生産ロスについて, ムダ・ムリ・ムラを考えていく必要がある。

- 26) 建山 [2019], 11 ページ。
 27) 国土交通省資料「i-Construction の推進」(<https://www.mlit.go.jp/common/001149595.pdf>: 2021 年 4 月 10 日入手)。

<参考文献>

- * 藤本隆宏・東京大学 21 世紀 COE ものづくり経営研究センター編 [2007] 『ものづくり経営学—製造業を超える生産思想』 光文社。
- * 原田國夫 [2019] 『体験的中小企業論 中小建設業の実相とより高みを求めた一ゼネコンの軌跡と展望から』 同友館。
- * 池田將明 [1997] 「建設 CALS のニューパラダイムを求めて」『建設マネジメント研究論文集』 Vol.5。
- * Imai Masaaki [1986] *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*, McGraw-Hill (今井正明 [1988] 『カイゼン 日本企業が国際競争で成功した経営ノウハウ』 講談社)。
- * 猪原幸司 [2018] 「無人化施工の現状および建設無人化施工協会の活動について」『建設マネジメント技術』 2018 年 11 月号。
- * 木村駿 [2020] 『建設 DX デジタルがもたらす建設産業のニューノーマル』 日経 BP 社。
- * 金辰吉 [2018] 「成功する IoT プロジェクト 8 段階のステップ」 「工場管理」 編集部編 [2018] 『中小企業が始める! 生産現場の IoT』 日刊工業新聞社。
- * Koskela, Lauri [1992] “Application of the New Production Philosophy to Construction” *CIFE Technical Report #72*, September.
- * Koskela, Lauri [1999] “Management of production in construction: A theoretical view, *Conference or Workshop Item* (digital collection of the research output of the University of Salford).
- * 具承桓・小菅竜介・佐藤秀典・松尾隆 [2008] 「ものづくり概念のサービス業への適用」『一橋ビジネスレビュー』 56 巻, 2 号。
- * 三浦悟 [2021] 「次世代建設生産システム A⁴CSEL の適用」『土木施工』 Vol.62, No.1。
- * 中川良隆 [2005] 「リーンコンストラクションと標準作業書・見える化」『建設マネジメント研究論文集』 Vol.12。
- * 日刊建設工業新聞社編集部 [1995] 『協調から競争へ 建設業シミュレーション・レポート』 日刊建設工業新聞社。
- * 日刊建設工業新聞社編集部 [1996] 『生産の構図 日本の建設業の断面』 日刊建設工業新聞社。
- * 大崎康生・深谷正明 [1997] 「CALS を考慮した建設マネジメントの将来像」『建設マネジメント研究論文集』 Vol.5。
- * 三方良しの公共事業推進研究会・岸良裕司編 [2016] 『最新版 三方良しの公共事業改革』 日刊建設通信新聞社。
- * 白井伸和 [2019] 『過疎山村における地域建設業の役割—構造改革と地域防災の視点から—』 時潮社。
- * 須田清隆・金井理 [2021] 「新型コロナ禍での i-Construction と働き方改善—中小建設業でのリーマンマネジメントと労働改善試行—」『JACIC 情報』 124 号。
- * 鈴木明人 [2004] 『情報化施工入門 建設情報とは何か』 工学図書。
- * 建山和由 [2019a] 「建設技術の新たなステージ i-Construction」 社会基盤技術評価支援機構・中部編 『i-Construction 最前線—情報通信技術が変える建設産業の将来—』 理工図書。
- * 建山和由 [2019b] 「ICT を活用した建設分野の生産性向上と労働災害防止」『建設の安全』 2019 年 5

月号。

- * 建山和由〔2020〕「地盤工学における i-Construction ～次の段階に向けて～」『地盤工学会誌』第 68 巻, 12 号。
- * 建山和由・横山隆明〔2016〕「ICT を利用した建設施工の高度化と将来展望」『計測と制御』第 55 巻, 第 6 号。
- * Tezel, Algan, Lauri Koskela & Zeeshan Aziz,〔2018〕“Current condition and future directions for lean construction in highways projects: A small and medium-sized enterprises (SMEs) perspective” *International Journal of Project Management*, Volume 36, Issue 2, February.
- * 吉田桂治〔2021〕「5G を用いた無人化施工の高度化について」『土木施工』Vol.62, No.1。
- * 善本哲夫〔2013〕「中堅・中小企業の現場能力構築と FA・IT 一改善支援プラットフォーム導入のトライアル」『立命館経営学』第 52 巻第 2・3 号。
- * 善本哲夫・藤本隆宏〔2009〕「IT と生産現場育成」『精密工学会 IMS 専門委員会 2008 年度活動報告書』精密工学会 IMS 専門委員会。
- * 渡辺一弘〔2001〕「情報化施工のビジョンー 21 世紀の建設現場を支える情報化施工ー」『建設マネジメント技術』2001 年 6 月号。
- * 渡邊賢一・金森宗一郎・山内元貴〔2021〕「AI・ロボット等の活用 建設施工分野の DX の推進」『土木施工』Vol.62, No.1。

