

リーンマネジメント実装による 建設生産システム高度化の研究

立命館大学経営学部 教授 善本哲夫

概要：

本研究は就業者不足・高齢化に悩む中小建設業者の付加価値生産性向上に寄与する仕組みづくりによって、業者自身による建設プロセス進化サイクルの確立を支援することを目的としている。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。ICT 活用と同時に、労働集約型産業として作業者が蓄積してきた建設業固有のノウハウや知識をカイゼンとして付加価値生産性向上に活かす仕組みが中小建設業者の強力な支援になる本研究のポイントは「中小建設業」の身の丈にあったデジタルツールの研究開発・利活用とムダ・ムリ・ムラ解消によって、新 3K 職場へのカイゼン機運を高めていくことにある。本稿では職域を超えた協働型カイゼンおよびリーンマネジメント発想で活用する建設 3D プリンタの展開に関する調査研究について言及する

キーワード：リーンマネジメント、協働型カイゼン、付加価値生産性、ICT、

1. はじめに

(1) 研究目的

本研究は就業者不足・高齢化に悩む中小建設業者の付加価値生産性向上に寄与する仕組みづくりによって、業者自身による建設プロセス進化サイクルの確立を支援することを目的としている。

中小建設業は地域生活基盤である社会インフラの維持管理・更新を担い、また、自然災害により被災した地域復旧、復興の重要な担い手である。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、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いつてよい。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。

2016 年にスタートした i-Construction を契機に建設業界での ICT の導入が進みつつあるが、デジタル技術投資を中小規模工事の生産性向上成果受益とするには、その運用が鍵を握る。本研究は ICT とリーンマネジメント実装を組み合わせることで、その課題解決を目指すものである。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。ICT 活用と同時に、労働集約型産業として作業者が蓄積してきた建設業固有のノウハウや知識をカイゼンとして付加価値生産性向上に活かす仕組みが中小建設業者の強力な支援になる。

以上のように、本研究のポイントは「中小建設業」の身の丈にあったデジタルツールの研究開発・利活用とムダ・ムリ・ムラ解消によって、新 3K 職場へのカイゼン機運を高めていくことにある。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。

(2) 研究方法

新型コロナウイルス感染拡大防止・予防のため 2021 年 9 月上旬まで現地調査・現場検討会を実施することができず進捗が懸念されたが、本研究は阿部建設（北海道）、公成建設（京都府）の現場にて定期的なミーティング、ICT を活用したカイゼン活動による付加価値生産性向上の取り

組みを実施するものとして展開した。個別作業へのフォーカスではなく、建設プロセス全体におけるムダ・ムリ・ムラ解消の視点から、遠隔臨場を使用した付加価値生産作業比率を高めるための改善ポイントを絞り、研究を展開した。

本研究は研究代表者（善本）と共同研究者（建山）の他、環境風土テクノ、可児建設、公成建設、阿部建設、応用技術、西尾レントオール、Polyuse、建設 IoT 研究所の協力を得て、文理・産学連携の取り組みとして展開した。取り組みは次のとおりである。第 1 は北海道小樽市の阿部建設の現場（二木町）をフィールドとして実践した受注側・発注側のブレインストーミングによる協働型カイゼン、第 2 は京都府京都市の公成建設の現場（城陽市）をフィールドとして実践したレンタル業者と施工業者の ICT 実装による協働型カイゼン、第 3 は建設スタートアップ企業の Polyuse への取材調査による建設 3D プリンティングのカイゼンへの活用可能性検討、である。

2. 職域を超えた協働型カイゼン

建設 DX、インフラ DX に向けた多様なデジタル技術が開発され、実用化、活用されている。他方で、建設生産システムの高度化や付加価値生産性向上では、単にデジタル技術を導入しただけで効果が得られるというわけではなく、それらを自らの課題抽出と改善にいかにつなげるかが問われることになる。以下では、ICT を活用し、カイゼンを協働で展開した 2 つのケースに言及する。これら協働型カイゼンでは、デジタル映像技術をテコにブレインストーミングや作業の振り返りや作業分析を実施している。映像データの分析によりムダのみならず、ムリがある、ムラのある作業の洗い出しも可能となり、また、タイムラプス映像による短時間での実施が可能となっている。

2.1 受注側・発注側のブレインストーミングによる協働型カイゼン

実施先は北海道小樽市の阿部建設である（写真 1）。同社は二木町現場をフィールドに、遠隔臨場による移動時間削減や書類作成を映像で代替するペーパーレス化、鉄筋構造物の写真計測による三次元再構築での非接触検査を、発注側である北海道開発局小樽開発建設部とコンセンサス形成を進めながら、協働で生産性向上に取り組んだ。

労働力不足が深刻化している後志管内で、就業者を募るためにも受注者・発注者ともに職場の魅力化は極めて重要な論点であり、3K（給与・休暇・希望）職場からの新 3K（給与・休暇・希望）職場への改革を促進することが求められる。同現場ではリーマンマネジメントの研究知見と ICT を用いることで、「官民協働型建設リーマンマネジメント」として定着を

図る動きにつながった。に向けた整理を試みた。過去、「三方良しの公共事業」にみる「ワンデイレスポンス」では、発注者と受注者のコミュニケーション強化を通じた建設プロセス効率化に大きく寄与した。本研究では、改めて「三方良しの公共事業」の考え方を ICT 活用と交差させる軸として、「官民協働型建設リーマンマネジメント」の実践が効果的であるとの知見を得た。

このように本研究がフォーカスし、トライしたことは建設プロセスにおける組織同士の関係性・狭間にあるムダ・ムリ・ムラにフォーカスし、その解消によって生産性向上を図ることであった。

成果として、遠隔臨場による移動時間・待ち時間によるロス解消、書類作成の映像代替によるペーパーレス化、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との視点から作業の見直し、が挙げられる。



写真 1 北海道小樽市オフィス・二木町現場 阿部建設

出所）筆者撮影、須田清隆より提供

2.2 レンタル業者と施工業者の ICT 実装による協働型カイゼン

ムダ・ムリ・ムラの解消に向けた ICT 活用は重要な論点であるが、他方ではその実装は容易ではない。現場状況によって必要となる機材は変わってくる。非定常的かつ移動生産の建設業において、稼働率問題や現場適合問題がデジタル技術への投資の大きな制約となってくる。また、新たなデジタル技術であればあるほど、その実装と運用にはサポートが不可欠となっている。

本研究では京都府京都市の公成建設とレンタル業者の西尾レントオールの協力のもと、城陽市の現場をフィールドに ICT 活用による生産性向上・カイゼン定着の取り組みを展開した（写真 2）。

西尾レントオールはレンタル業者であるが、多様な建設機材の研究開発及びシステム化の能力、またサポート能力から、その内実は技術商社であるといつてよい。同社によるシステム提案をもとに、公成建設とのディスカッションを繰り返した。また、公成建設によるコンクリート打設に関する問題とビジョン提起を受け、ICT およびエッジ AI カメラのシステム化可能性などの論点を開くこととなった。

ICT 活用も複雑化かつ大掛かりなシステムを必要とし

ない現場や工事規模の場合、必要な仕組みは「身の丈にあった」システムである。リーンマネジメントを基軸に協働型カイゼンに取り組む本研究ケースでは、ボトムアップ型の技術開発の進展が見られ、先述のようにエッジ AI カメラ活用など中小建設業の建設生産システム高度化に向けた新たな着眼点をもたらしつつある。

また、タイムラプス映像の検証から、「当たり前」だと考えられていた現場での建機洗浄作業にフォーカスすることになり、合理化や効率化、また洗浄作業を無くす技術開発ができないかに関する議論を展開することになった。

このように、異なる職域の両社が技術力をミックスアップさせる協働型カイゼンとして位置づけることが可能であり、ヒューリスティックに付加価値生産性向上へと能動的な姿勢を持つ公成建設では、同社内他現場への成果横展開を念頭に、今後も多様なトライアルを実践していく計画である。



写真2 京都市城陽市現場 公成建設

出所) 筆者撮影

2.3 建設 3D プリンティングの活用可能性検討

建設プロセスのムダとして、手待ち、移動、運搬がある。例えば、部材到着を待つロス、保管場所へ移動する、また部材を運搬するロス、である。昨今、プレキャストコンクリートの活用が活発化している他方で、計画通りに到着しない、また発注先の生産能力を鑑みた事前の生産枠取りができないなどのリスクも懸念されている。合理的なサプライチェーン構築として従来のありようの見直しが検討されている一方で、そもそも現場の狭さや搬入の困難さ、保管場所がないなどの制約条件から、その場で部材を生産するほうが合理的との考えもある。

以上のような課題に建設業が直面するなかで、建設 3D プリンタとしてコンクリート材を積層成型するマシンを開発するスタートアップ企業 Polyuse に事業展開のありようを取材調査し、カイゼンに結びつける可能性検討を実施した。

同社が開発を進める 3D プリンタは持ち運びと現場設置の容易性を持たせ、どのような現場でも活用することが可能となる汎用性確保と小型化をターゲットにしている(写真3)。その現場実装が実現すれば、必要な部材を、必要な時に、必要な量だけその場で生産し、使用する JIT

(Just in Time) の発想で、手待ち、移動、運搬に代表されるムダを低減させることが可能となる。

段取り通りに施工が進まないケースは多い。変動要素が強い環境下での作業であり、想定外の事態が常態的に発生する。そのためサプライチェーンの効率化により予定された日程かつ必要量のプレキャストが届く段取りを整えたとしても、現場で問題発生によって施工の中断、遅れによりコンクリート工の予定変更が生じれば、プレキャストを保管しなければならないが、中心市街地や狭隘な現場の場合、その置き場が確保できないなどの新たな問題が発生する。こうした現場の生産性向上にはプレキャスト使用ではなく、現場打設の効率化・合理化が必要になる。協働型カイゼンと同様に中小建設業の新たな建設生産システム高度化に結びつけるべく、リーンマネジメントの発想からコンクリート 3D ブロックの要求仕様を考える等、小型化による持ち運びと現場設置の容易性ととともに、新たな開発ベクトルを検討していくことが期待される。



出所) 筆者撮影

写真3 神奈川県鎌倉市 Polyuse

3. 今後の論点

2021 年度の研究で明らかになった課題は以下の通りである。

(1) 現場での抵抗感払拭

リーンマネジメント実装において、JICE 第 21 回研究助成成果報告会や他リーンマネジメント実装に関するディスカッションで論点になったことは、生産性向上の取り組みが「労働の強化」に繋がりがかねない、という懸念であった。リーンマネジメントや現場カイゼンのポジティブ発想がまだまだ広がっているとは言えない状況にあり、その実践が労働負担増加のネガティブな発想に直結しやすいため、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取組をスタートさせることが必須である。リーンマネジメントを短期的なコスト削減手段とせず、働きがいのある職場となるよう、働き方改革に結びつける業務内容・組織体質の見直し手段であることを明示化する、という導入ノウハウのまとめ・ガイダンスの作成が必要になってくる。

(2) カイゼン推進人材育成の視点

リーンマネジメント実装にとって、率先して持続的にカイゼンを推進する人材が不可欠である。カイゼン推進人材を育成することで、高水準の給料、休暇、希望の「新 3K」を実現する体質へと現場を転換させるとともに、ムダの削除による生産性向上が実現することによって、技能レベルアップやマルチスキル化などの訓練に時間や資源を配分することができるようになる。

協働型カイゼンは、実践する両者（発注側と受注側、レンタル業者と施工業者）のコンセンサス形成とコミュニケーション促進が不可欠であり、その活動から生産性向上の成果を生み出すためには、意欲的な現場のカイゼン推進人材が不可欠である。建設 DX の推進や現場運用でデジタル技術に長けた人材の不足が課題となっているが、同時に本研究はカイゼン推進人材育成の重要性を描き題したことも建設プロセス革新への貢献であるといえる。

4. 結論

本研究のターゲットは、先端的な知見を活かした高度な技術の開発を目指すものではない。技術力と投入することのできる人材に限られた中小規模の建設プロジェクトに、個々の生産プロセスにおける課題の抽出と ICT を活用した解決策の検討、ならびに、それを生産プロセス全体の効率化を確実に繋げていく仕組みを組み込むことにより、各々のプロジェクトの特性に応じて建設 ICT を適切に導入し確実に生産性を向上させることのできるマネジメント手法の確立が、中小建設業の建設生産システム高度化に役立つ。

現場から十分に引き出せないでいる優良職場化への可能性、つまり、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なるよう、本研究はリーンマネジメント実装に取り組んでいる。これまでムダで消費されていた「時間」を「付加価値創造時間」として活用するために、リーンマネジメント発想による協働型カイゼンの実践、また、それらを基軸に進む中小建設業の現場・工事規模の身の丈に合ったデジタルツールや建設生産システムの開発・実装に向けた研究を展開し、また論点としてリーンマネジメントへの抵抗感払拭とカイゼン人材の育成の 2 つのポイントを提示できた。本研究はリーンマネジメントと ICT を組み合わせた建設プロセス革新の実践を続ける 2 社（阿部建設、公成建設）で、その有用性を確認し、成果をあげている。また、建設プロセスへのリーンマネジメント実装で効果を発揮するだろうと期待される小型コンクリート 3D プリンタのように、本研究の方向性や中小建設業の付加価値生産性向上に役立つ技術は、今後も積極的に取り入れていく予定である。

【謝辞】

本研究は共同研究者である立命館大学総合科学技術研究機構の建山和由氏をはじめ、阿部建設、公成建設、環境風土テクノ、可児建設、応用技術、建設 IoT 研究所 Polyuse、西尾レントオールから協力を得ております。ご支援いただきました皆様に、この場を借りて感謝を表します。

【参考文献】

- 1) 木ノ村幸士 [2020] 「建設用 3D プリンタを用いた PC 構造体の設計施工デモ実証と今後の展望 生産性向上と新たな構造の実現を目指して」『建設機械施工』Vol. 72, No. 12, 52-56 ページ。
- 2) 国土交通省キャリアパスモデル見える化検討会 [2017] 「建設技能労働者のキャリアパス及びマルチクラフター（多能工）の育成・活用事例」（<http://www.mlit.go.jp/common/001179309.pdf> : 2021 年 8 月 1 日入手）
- 3) 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『中小企業が始める！ 生産現場の IoT』日刊工業新聞、56-69 ページ。
- 4) 栗原和彦・清憲三 [2020] 「コンクリートの生産性向上検討協議会の動向」『建設機械施工』Vol. 72, No. 9, 5-13 ページ。
- 5) 西川充・須田清隆・可児憲夫・黒河洋吾・建山和由 [2019] 「映像による仮想臨場を活用した visual-construction の展開」『土木学会 第 74 回年次学術講演会講演概要集』CS13-10。
- 6) 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, 1-14 ページ。
- 7) 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。
- 8) 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ンマネジメントと労働改善試行-」『JACIC 情報』124 号, 10-16 ページ。
- 9) 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, 1-4 ページ。
- 10) 善本哲夫 [2013] 「中堅・中小企業の現場能力構築と FA・IT ー改善支援プラットフォーム導入のトライ アルー」『立命館経営学』第 52 巻 第 2・3 号, 385-404 ページ。
- 11) 湯浅勝典・横山隆明・可児憲生・須田清隆・藤原達也 [2020] 「visual-construction による労働生産性改革 -建設現場における臨場による非常駐 移動レス化への試行報告」『土木学会 第 75 回年次学術講演会講演概要集』VI-1080。