

グローバル感染症時代の「ものづくり」戦略 —競争モードと災害モードのバランスを取れ—

東京大学大学院経済学研究科教授
ものづくり経営研究センターセンター長 藤本 隆宏



「見えないグローバル災害」 1としての 新型コロナウイルス拡大

本稿では、新型コロナウイルス（COVID-19）の世界的感染拡大（パンデミック）が世界産業に与える影響と企業現場の対処について、「産業と災害」というより大きな視点から考えてみる（藤本 2012, Fujimoto and Heller 2018）。

今回の世界的感染拡大は、地震・津波・水害・火災・噴火などのように、生産設備や物流施設、つまりサプライチェーンを直接破壊する「見える（物理的）災害」ではなく、ウイルスという微小なものがヒトの細胞に結合し侵入する「見えない（病理的）災害」である。それは、生産設備を物理的に破壊はしないが、それら进行操作する人々を出動不可能にさせることで、工場やサプライチェーンを機能停止

させる。

しかし、大震災と感染症拡大の間には、産業災害としての共通点もある。たとえば、どちらの場合も、被災工場が生産停止が長引く、あるいは復旧が遅れる場合、サプライチェーンの継続にとつては、他拠点での代替生産に迅速に切り替える組織能力が重要となる。実際、今回の感染拡大危機に対する日本企業や現場の動きを見ると、たとえば東日本大震災などの「見える災害」に対する企業・産業・現場の対応能力が、今回の危機でも生かされていることが分かる。

それは、相対的に高賃金・高生産性・高品質・短納期の多品種少量生産ラインを多く持ち、しかも様々な災害に遭遇することで高い経験値を否応なく蓄積してきた災害大国日本の企業や現場が、グローバル競争において国際的評価を高める可能性を示唆する。現在のよう、グローバル・サプライ

チェーンの供給不確実性が高まる時代においては（特に生産が拡大する産業において）、コスト以上に納期や納入量の信頼性が重視されるからである。

紙数の制約から、本稿では、東日本大震災などで発揮された日本企業や国内現場の「見える災害」に対する対応能力については詳述を割愛するが（藤本 2012 参照）、一言で言うならば、それは、被災現場に対する「復旧能力」と「代替生産能力」の高度な両立である。たとえば、ある品目において、被災時に2週間分の製品在庫があり、また被災現場の「復旧完了期間」あるいは「代替生産開始期間」のいずれか、あるいは両方が2週間以内であるなら、その品目のサプライチェーンは基本的に継続する。そして実際、2011年3月、多くの品目でサプライチェーンは継続し、世界を驚かせた。「見える災害」への対策は、平時からのサプライチェーンの頑健化と、被

災現場の「復旧能力」および「代替生産能力」の構築が基本である。海外を含む一部で主張されている、全品目での備蓄在庫の増加や、生産ラインの複数化といった策は、それが平時における当該生産拠点の国際競争力を低下させるのであれば良策でなく、採るべきではない。

2 それでも国内工場は動いて いた—P社甲府工場の例

それでは、今回の「見えないグローバル災害」において、日本の国内有力工場はどのような状況にあったか。筆

者の実態調査に基づく具体例を一つ示そう。

山梨県にあるP社の甲府工場は、半導体関連の産業機械の主力生産拠点の一つである。今回のパンデミックにより、まず2020年1月には、中国でのロックダウン（外出禁止・建物封鎖）により、同国サプライヤーからの主要部品の供給が止まったが、同社別拠点での代替生産によりサプライチェーンは止まらなかった。

3月にはアセアンの主要サプライヤーからの供給がロックダウンで止まったが、専用部品は代替生産、標準部品は市場での代替調達により、サプライチェーンはやはり止まらなかった。一方、日本ではロックダウンはなかったため、工場内で感染者やクラスターが発生しなければ国内工場は稼働できる。P社甲府工場も、この間、高い感染防止力を発揮し、構内感染ゼロで生産を続ける。これにより、この拠点は「パンデミックでも確実に稼働を続ける信頼性の高い工場」との評価を高めていった。

3月に入ると、悲観論・楽観論が錯綜していた世界半導体産業の見通しに関しても、デジタル化、AI、5G等による需要拡大を見込む強気論が優勢となり、アジア大手の生産受託企業も、増産体制への移行と設備投資に

踏み切る。そこで半導体関連の生産設備の大型発注が始まるが、グローバルな感染症拡大の中では、コストもさることながら、必要な数量を必要な時に確実に持つてきてくれる納期の信頼性が特に重視される。こうなれば、納期の信頼性が高い日本の優良工場の国際評価は相対的に高まる。

P社甲府工場も、春先にこうした形で大型受注を獲得し、4月からフル生産体制に入った。それは日本政府が緊急事態宣言を出したタイミングであったが、同工場は計画通りの生産を続けた。そして2020年末現在、構内感染者を出さずにフル稼働を続け、雇用も安定的に推移している。

3 「工場を動かし続けること」の難しさ

しかし、パンデミックの中で、工場が稼働を続けることは、実際には容易ではない。顧客へ向かう付加価値が流れる産業現場の、とくにブルーカラー職の場合、協働作業や手渡しなど、密な環境での作業を完全に無くすことは難しい。数人から十数人ぐらいの職場の作業集団がチームワークを発揮して初めて、生産性・品質・納期等の高いパフォーマンスを発揮できる。在宅勤務のリモートワークが比較的に

可能なホワイトカラー職とは状況がや

や異なる。

特に日本の国内現場の場合、複雑な擦り合わせ型（インテグラル型）製品を複雑な変種・変量・変流工程で生産することに「設計の比較優位」を持つことが多く、この点では、シンプルなものな製品のシンプルな流れの大量生産を、いわば2階のコントロールルームから遠隔操作で行う中国の典型的な新鋭自動化工場とは、特性も強みも異なる。日本の優良工場のシヨップフロアには、付加価値の流れを管理・改善する組織能力の高い作業集団が残る。彼らがデジタル製造を補完的に駆使しつつ「面倒くさい製品の面倒くさい生産」を行うのが、日本に残る優良工場の近未来の姿だと筆者は考える。

しかし、こうした日本の優良工場は、現場空間における人々の緊密なチームワークを必要とする。そういう場所では感染拡大を防止することは容易なことではない。

現在の政府の感染症対策の基本は、感染疑い者・濃厚接触者の特定と隔離であるが、感染疑い者の定義には総じて発熱（発症）が含まれる。つまり感染疑い者は発症者でもある。感染即発症の古典的感染症なら高性能な対策であろう。

しかし今回のCOVID-19は感染

から発症まで潜伏期間があり、特に発症の2日前あたりから他人への感染力を持つとされる。よって、発症者を追跡する日本政府の対策だけでは感染防止策として不十分である。

したがって、密な状態での現場作業を伴う国内工場は、自衛的な感染症対策を徹底するほかない。実際、国内有力工場の多くは、多面的な感染防止策（後述）を徹底することにより、2020年末段階では構内での感染発生ゼロを実現しているところが多い。特に、自家用車・自転車通勤者が多い地方都市の工場はそうである。

一方、大都市圏の大工場の場合は、通勤手段が公共交通機関中心とならざるを得ず、完全な感染対策は難しくなる。仮に工場の外での一般的な感染率が年間0.1%なら、確率的にその程度の構内感染の発生は覚悟せざるを得ない。実際、大都市圏にある数千人規模の某工場では、半年で数人、感染者が発生している。しかし、一つ間違えば大規模クラスターが発生しかねない中で、この工場は感染を散発の事例に抑え、職場内でもクラスターを発生させていない。現行の政府策を前提にすれば、大都市圏の大工場としてはこれがベストの成果と言っても良からう。

経済活動と感染対策の間で右往左

往する日本の現状においては、マスクミはおのずと、新型コロナウイルス感染拡大で大きな影響を受け緊迫する医療現場や、困惑する接客サービス系に報道を集中する傾向がある。しかしその一方で、国内の工場が黙々と稼働を続けているのは、決して尋常の努力と能力でできることではないことを、時々は思いだして取材していただければ有難い。

4 工場等に対する予防的感染検査の可能性と課題

以上のように、結果から見る限り、日本の産業現場は2020年を通じて、大規模なクラスター等を起こさず、総じて強い感染防御能力を発揮してきた。

しかしながら、工場等の今の感染防御策の基本形は、検温徹底による発症者の入構防止であり、感染力のある未発症者の特定と入構防止はできていない。実際、大都市の大工場で感染出勤者が散発しているのは前述の通りである。

では、市中の有病率がさらに上がってきた時はどうするか。追加策として考えられるのは、「密」な作業と認定される通勤者に対する、予防的なPCR検査の公費での実施である。しかしこの検査の性能が必ずしも高

くないことが悩ましい。発症直前でも発見率(感度)は50%程度といわれる。試みに、感染日から発症日まで6日、発症の2日前から感染力発生、つまり感染者は「感染・無害潜伏・無害潜伏・有害潜伏・有害潜伏・発症・隔離」の7日間を過ごすこと仮定し、企業は毎日検温し発症者は即隔離でき、PCR検査は毎週月曜の出勤前に実施、検査の性能は厳しめに見て有害潜伏者に対し感度50%、初期潜伏者だと0%だとしてしよう。感染出勤者の出現率は月に1人とする。

この仮定で、現場改善で使う「列車ダイヤ図」を用い机上シミュレーションすると、未発症だが感染力のある感染者が出勤してしまうのは予防検査なしだと月平均2.1日だが、予防PCR検査を行ったとしても1.7日。確かに改善はするが不十分だ。

この数値は検査性能(感度)が上がれば劇的に低下することが計算上わかる。PCR検査の性能向上が待たれる。

5 感染拡大の今後に関するシナリオ

2020年末の時点において、一部の国では新開発のCOVID-19ワクチンの供給が始まりつつある。しかし、これらによって、今回の新型コロナ

ウイルス感染拡大が終息に向かうか否かは、なお予断を許さない。新型コロナウイルスの全容はまだわかっていないからである。産業界は、少なくとも、以下の3つのシナリオを念頭に置いて、今後の展開に備えるべきだろう。

①天然痘シナリオ…有効なワクチン・治療薬や集団免疫効果により2~3年でウイルスが撲滅され感染が終息するという、古典的感染症のシナリオ。しかしそれでも、歴史的に見て、異種のパンデミックがたとえ十数年に一度ぐらいのペースで起こる可能性は残る。

②インフルエンザ・シナリオ…ワクチン等は出来たが完璧ではないケース。ウイルスの変異がインフルエンザのようなペースで起こるなら、それらをカバーするためワクチンは毎年更新されるが、捕捉しきれなかった新型種のパンデミックが、たとえば数年に一度、起こるかもしれない。

③風邪シナリオ…一番厄介なのは、COVID-19が風邪のような性質である場合だ。気道入り口の感染症である風邪は、病原体が多様で免疫が効きにくいいため、ワクチンも特攻薬もなく、薬は症状緩和のみである。人間は一生で平均200回風邪をひくらしいが、

それでも風邪では死なない、というぐらいに致死率が微小である。しかし、仮にこの致死率がそれよりわずかに高いならば、我々が2020年に経験したパンデミックは恒常化し、毎年、年に複数回、あるいは数か月、世界中で移動制限や外出禁止が恒常化するという最悪事態も、我々は覚悟しなければならぬかもしれない。

つまり、アフターコロナのシナリオとしては、世界規模での人の移動制限が、十数年に一度起こるか、数年に一度起こるか、あるいは毎年起こるか、どれが出現するか分からない状況であるが、いずれにせよ、パンデミックという天災は、もはや「忘れたころやって来る」のではなく、周期的に、つまり「忘れる前にやってくる」のが新常态となるかもしれない。

6 企業は災害対策と競争戦略のバランスを

しかしながら、今日の産業人として忘れてはいけないのは、グローバル化の21世紀においては「産業競争は毎日やって来る」ということである。大災害が起こった時、それが見える広域災害(例・東日本大震災)であれ、見えないグローバル災害(例・新型コロナウイルス感染拡大)であれ、我々は、

当該災害の猛威に圧倒されるあまり、短期視野で災害対策オンリーの過剰反応に走りがちだが、それは避けるべきであろう。

むしろ、産業進化の歴史や過去の能力構築の経路を踏まえた長期的な視点から、競争と災害の両方を視野に入れた、バランスの良い方策を考え出すべきだろう。「災害対策は災害対策、競争戦略は競争戦略」という分断された思考では良い全体最適解を得られない時代に、我々は入りつつあるのだ。

たとえばグローバル展開するサプライチェーンについては、平時には競争力ベストの対応、災害時には継続力ベストの陣容で対応し、その間でスムーズなスイッチを行う「サプライチェーンの柔軟性」を確保すべきである。どちらかのモードへの一方的、恒久的な転換は良策ではない。仮に、「今こそサプライチェーンを全部ローカル完結に戻し、全て地産地消にせよ！」と叫ぶ論説があるとすれば、その主張はこの「災害頑健性と国際競争力のバランス」の重要性を良く見ておらず、持続可能な長期的戦略とは言い難い。

感染症拡大を契機に加速化しつつある作業のデジタル化・リモート化についても、あくまでも競争優位を獲得できる形での「勝てるデジタル化」を指すべきである。米国や中国の事例は

参考にはなるが、グローバル競争下においては、他国の流行を真似しても自国産業の比較優位は得られない。むしろ、自国の現場が歴史的に蓄積してきた強みを生かす方向にデジタル製造を進化させるのが王道であろう。これらについては後述する。

7 国内工場の感染防止能力

ここまで論じてきた、(i)過去の震災や水害により鍛えられてきた日本の企業・現場の災害対応能力を活用すること、(ii)平時と有事が繰り返される新常态に備えて競争力対応と災害対応のダイナミックなバランスをとること、以上の基本原則を踏まえて、日本の企業や産業の、感染症時代のものづくり戦略の在り方について、3点につき論じる。第1に、工場における感染防止能力の構築、第2に、代替生産能力や復旧能力を生かした柔軟なサプライチェーンの構築、第3に、日本の国内有力企業・現場が歴史的に形成してきた「統合型ものづくり組織能力」を増幅させる形で現場のデジタル化を推進し、米中技術摩擦の中で有利なアーキテクチャ・ポジションを取ることである。

まず、新型コロナウイルス・パンデミックに対応する、各企業・現場の感染防止能力の構築について述べる。震災や水害

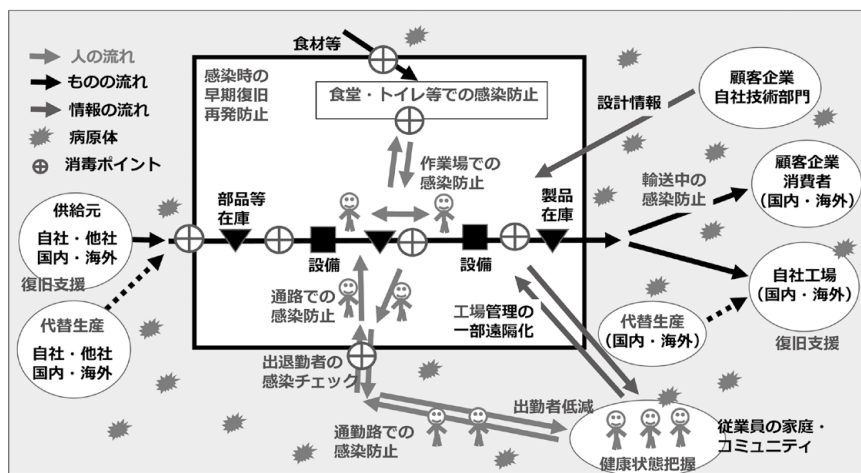
などの「見える災害」では被災するのは工場の「中」、優先対策は中の「復旧」であるが、ウイルス等による「見えない災害」の場合は、被災しているのは工場の「外」であり、対策は、外に対する「防御」である。すなわち、工場操業に必要な人やモノや情報の流れは維持しつつも、外からのウイルス感染侵入を防ぎ、中での感染蔓延を防ぐのである。

新型コロナウイルスの場合、たとえば侵入阻止が不可能な放射能汚染などとは違って、工場内へのウイルスの自然侵入はないので、出勤者等の人の出入りと、資材や製品や食材などモノの搬出入を許容しつつ、工場内へのウイルス侵入を完全に防ぐことが出来れば、法的な工場閉鎖命令発動などが無い限り、工場は稼働を続けることができる。

仮に感染者が職場内で見つかつた場合は、職場あるいは工場を一時閉鎖の上、再開のために、工場内の徹底した洗浄消毒やクラスター発生防止が必要である。こうした事後的な復旧対策を徹底すれば、工場閉鎖期間をそれ

だけ短縮化することは可能だろう。以上をまとめると、工場の外部で感染拡大が続く状況下で、構内感染による操業停止を防ぐためには、少なくとも以下の方策が必要と考えられる。こうした「モノと情報と人とウイルスの流れ」の全体像をつかむためには、現場の改善活動で多用される「流れ図」による見える化が有効である。以下に、その一例を示す(図)

図 生産拠点の「感染防御能力」－人ともとの情報の流れ図－



この図から導出される、感染防止能力の構成要素(ルーチン)は以下の通りである。

①工場入口での出勤者・来訪者の管理(検査証明・検温・マスク確認・手指消毒、他)

②工場に搬入される資材・食材等の衛生管理(取扱者の手指消毒など接触感染防止)

③工場内の衛生管理(手指・什器消毒・マスク着用、換気徹底、その他)

④工場内でのクラスター感染の防止のための物理的距離や時差の確保(手渡しライン中止、コンベア復活、洗浄消毒工程挿入、ライン数増加、一人屋台方式、自動化・無人化、通路の一方通行化、集合朝礼の停止、コミュニケーションの遠隔化、交代制の時間差の拡大、時間差入構による始業時の混雑防止、喫煙時の私語自粛、他)

⑤出勤者数の低減(事務職・技術職等の在宅勤務、操業の計画休止、他)

⑥通勤退勤時の感染防止(公共交通機関の利用自粛、通勤バスの増便、他)

⑦従業員の在宅時の健康状態把握・健康管理支援(毎日検温、会食人数制限、他)

⑧工場から搬出される製品等の衛生管理(汚染製品の出荷防止)

⑨工場内で感染者が発生した場合の、

迅速な洗浄消毒作業などによる早期の工場復旧、体調不良者の一時隔離、他

⑩感染被災した川上・川下の自社工場・サプライヤーの復旧支援

筆者らは、東京大学ものづくり経営研究センターで、以上に関する感染防止能力の実態調査を始めているが、その予備的な結果を見る限り、日本企業の優良国内現場は、従来から高く評価されてきた物理的災害時の「復旧能力」「代替生産能力」のみならず、こうした、工場外のウイルス感染に対する「感染防御能力」も、国際的に見たレベルは相対的に高いと見られる。たとえば、ある日本企業の国内工場では、上記の対策の多くを実施していたが、実施項目のうち半分ぐらいいすでに今回の感染拡大の前から日常的に行っており、残り半分が、2020年3〜4月に新たに実施した対策であった。これに対し、同じ企業のアジア新興国工場では、基本的に上記の対策全てが、今回、新しく導入されたものである。つまり、この企業の国内工場は、感染防止能力でも一歩進んでおり、海外工場を指導する「感染症時代の戦うマザー工場」としての実力を有していたと言える。

8 感染症時代の アジア・サプライチェーン ―「柔軟性」が鍵

第2に、アフターコロナ時代の国際分業体制再編や、グローバル・サプライチェーン再構築の方向性について、現段階における大筋の構想を示そう。まず、長期的な視点から、過去数十年の日本の産業競争史を簡単に振り返る。

戦後冷戦期の末期であった1980年代、日本企業は主に日本の国内生産拠点からの輸出で海外需要に応じてきた。ところが平成の1990年代(ポスト冷戦期)に入ると、日本のバブル経済崩壊、冷戦の終結(中国の世界市場参入)、パソコンやインターネットによるデジタル化の本格化、等々がほぼ同時に起こった。90年代の日本の賃金差は月額でざっと1万円対20万円。この20倍の賃金ハンデにより、日本企業の中国生産拠点の新設が続き、日本の国内工場は苦戦したが、その多くが生産革新などにより生き残った。

次いで2005年ごろから、人口大国・中国でも、工業地域の労働力不足と賃金高騰が始まり、中国を輸出拠点としてきた日本企業でも、賃金が相対的に低い(たとえばベトナムは中国の約半分)アセアン諸国等に輸出拠点を

を移す傾向が強まった。一方、日本の優良国内工場は、自身の生産革新と新興国の賃金高騰の相乗効果により、次第にコスト競争力を回復していった。

以上が、日本の産業競争力の略史である。こうした産業進化の結果、現在、多くの日本企業が、①日本(マザー工場)、②中国(現地市場向け拠点の指向を強める)、③アセアン(輸出拠点の指向を強める)のいわば「アジアの三角形」を基本としたサプライチェーンを形成しつつある。

そうした中で日本の国内拠点は、高賃金・高コストを生産性・品質・迅速性の向上でカバーし、他拠点を指導するマザー工場としての役割を得、多くが閉鎖されたものの、また多くが存続した。今回の新型コロナウイルス感染拡大の中でも、こうした「30年産業競争」に生き残った日本の有力国内現場の「ものづくり能力・復旧能力・代替生産能力・感染防止能力」の総合力が、今、国際的に再評価されつつある。前述のP社甲府工場の大口受注獲得は、その一つの例と言える。

いずれにせよ、今回のパンデミックのように、国内外の自社工場全てが生産停止のリスクを抱え、しかもグローバル競争は続いている状況に適切に対応する、日本企業のアジア・サプライチェーンは、(i)平時においては競争力重視

の布陣とする一方、(ii)災害時には、必要に応じ代替生産を迅速に立上げ、サプライチェーン継続性を重視した布陣に迅速に切り替える、伸縮自在な形であるべきだろう。

ここで重要なのはサプライチェーンの「柔軟性」である。すなわち、一つの陣形に固執せず、状況の不測の変化に応じてサプライチェーンの切替や伸縮を迅速に行えるように、国内外の各拠点は、日頃から競争力・復旧能力・代替生産能力・防御力を鍛えておく。そのための指導の中心は、やはり災害復旧の経験値の高い日本の生産拠点であるのが基本形であろう。

9 感染症時代のデジタル化戦略

第3に、感染症時代のデジタル製造戦略について述べる。キーワードは「リモート(遠隔)制御」である。工場全体あるいはサプライチェーンにおける「付加価値の流れ」のデジタル化・全体最適化は、半導体、量子コンピュータ、5G、AI等の技術進歩により、既に新型コロナウイルス以前から新たな段階に入りつつあった(藤本2017)。特に、モノが流れる現場(地上)とリアルタイム接続し、かつクラウドを含むインターネット空間(上空)と常時接続するサイバーフィジカルシステム(CPS)、

そこで地上の流れを再現するデジタルツイン、演算能力を地上近くに移すエッジコンピューティング、独政府主導のインダストリー4.0など、いわゆる「低空」層が急速に発達したのが2010年代である。そこでの「低空戦」が本格化するのは2020年代と見られる。

それでは、こうした工場全体の自動化、遠隔操作化などにより、日本企業の生産システムは、中国や欧米に対する差異性や競争優位性を失うのだろうか。筆者が論じる「設計の比較優位説」に基づくなら、そうはならないだろう。むしろデジタル製造は、異なる形で歴史的に進化してきた日本、米国、欧州、中国等のものづくり組織能力の「持ち味の違い」を増幅させる可能性が高い。

たとえば、日本国内の優良工場は多くの場合、移民の大量流入なしで高度成長した戦後の歴史的経緯もあって、多能工のチームワーク力を蓄積し、トヨタ方式など「統合型」のものづくり能力を進化させ、複雑な擦り合わせ型アーキテクチャの製品や部品を、ややこしい「変種変量変流生産」で作ることにおいて「設計の比較優位」を維持してきた。低燃費自動車、高機能産業機械、電子部品、機能性材料などがこ

れに当たる(藤本2004)。

賃金高騰の続く中国企業の多くは、今後は遠隔操作でシンプルな製品をシンプルな流れで作る「お手軽な自動化工場」指向を強めると予想されるが、他方、日本の優良国内工場は、工場内に多能工のチームワークを特徴とする作業集団が残り、それをAIやサイバーフィジカルシステムが大型モーター等で適宜支援し、「ややこしい」製品や工程を臨機応変に動かしていく形になっていくだろう。また、日本企業の海外拠点も、中国企業等の生産拠点に比べれば、もう少し複雑な製品や工程に力をいれ、特にアセン等の工場はその輸出拠点として育っていくだろう。

さらに、自社製品を売りっぱなしにせず、客先でアセット化した自社製品からデータを取り、そのデータで客先のCPSに参加し、他社とアセット・データで連携し、顧客の商売や人生の流れを良くすることでお客を勝たせ、自社の利益や企業価値の源泉ともする。こうした新しいビジネスモデルを構築するきっかけの一つが、まさにピッチはチャンス、今回のグローバル感染拡大であるかもしれない。

参考文献

- 藤本隆宏(2004)『日本のもの造り哲学』日本経済新聞出版社。
- 藤本隆宏(2012)『ものづくりからの復活』日本経済新聞出版社。
- 藤本隆宏(2017)『現場から見上げる企業戦略論』角川新書。
- Fujimoto, T. and D. A. Heller (ed) (2018) Industries and Disasters: Building Robust and Competitive Supply Chains. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.

藤本 隆宏 ふじもと・たかひろ

東京大学大学院経済学研究科 教授
ものづくり経営研究センター センター長

1955年東京生まれ。1979年東京大学経済学部卒。三菱総合研究所を経て1989年ハーバード大学ビジネススクール博士号取得(D.B.A)。1998年より東京大学大学院経済学研究科教授。2004年より東京大学ものづくり経営研究センター長。2013年(一社)ものづくり改善ネットワーク代表理事。専門は技術管理・生産管理、ものづくり経営学、進化経済学。主な著書に『製品開発力』(共著)『ものづくりからの復活』、『現場から見上げる企業戦略論』等がある。