

# 四国大学におけるDX推進がもたらした グリーン・トランスフォーメーションにおける効果検証

住吉 孝次

Verification of the Effects of Green Transformation Brought about  
by DX Promotion at Shikoku University

Koji SUMIYOSHI

抄 録

本稿は、「四国大学DX推進計画」の策定から計画実施に至る2021年からの3年に渡る過程において、本学におけるDX推進がもたらしたグリーン・トランスフォーメーション（GX）における効果について実証分析を実施した。分析には本学でDX推進のために導入した各種システムから得られたシステムログなどを用いて統計解析処理を行った結果、「DXとGXは車の両輪」とも言われるが、DX推進が労働生産性を上げ、人件費コストを大きく低減させているほか、副次効果として紙の削減、電気使用量の削減を通してGXにも少なからず貢献していることが認められた。

これらの実証分析結果は、今後の「四国大学サステナブル宣言」におけるサステナブル・キャンパスを実現する上での行動計画立案や、先進的技術を活用したDX・GX対応への戦略立案のための基礎データとしても有効に活用できるものである。

キーワード：DX, GX, ペーパーレス, ワークフロー, サーバー仮想化基盤

## I. はじめに

本学では、2021年4月から情報戦略推進本部を組織し、「四国大学DX推進計画」の策定<sup>1)</sup>を通じて本学におけるデジタル・トランスフォーメーション（DX）推進に取り組んでおり、情報化ビジョンの実現に向けて、図1に示す3年毎の短期計画である実施計画に基づきDXの推進を実行してきた。

これらの取組に先立ち、内閣においては、2050年までに温室効果ガスの排出量を実質ゼロとする「2050年カーボンニュートラル（CN）」を宣言<sup>2)</sup>し、2022年には、GX実行会議が開催されるなど、脱炭素と経済成長を両立するGX実現のための基本方針<sup>3)</sup>が策定され、GXというキーワードが大きく注目されることとなった。

GXを実現するには、DX技術の活用が欠かせないため、いわゆる「DXとGXは車の両輪」とも言われ、DXとGXは並べて表記されることも多いが、GXは、

サステナビリティ・トランスフォーメーション（SX）とも結びつきやすく、SDGsの目標とともに、企業体における社会持続性を維持しながらの企業の社会的責任（CSR）としても注目されるようになってきた。四国大学においても、2022年7月「四国大学サステナブル宣言」が公表され、大学としての活動が開始された。

こうした背景を基に、本学におけるDX推進がもたらしたGXにおける効果について本学のDXの取組みを紹介しながら実証分析を行った。

分析には本学でDX推進のために導入した各種システムから得られたシステムログなどを用いて統計解析処理を行った結果、DX推進が労働生産性を上げ、人件費コストを大きく低減させているほか、副次効果として紙の削減、電気使用量の削減を通してGXにも少なからず貢献していることが認められた。ここで「少なからず貢献」と表現した理由は、DX

推進は、労働生産性向上に直結するため、時間コストの削減が人件費コストとして大きく算定されやすいが、GXについては、紙の削減、電気使用量の削減、燃料の削減が中心であり、DXで得られる効果と比較し、金額的には少ないためであるが、GX推進は企業体における社会的責任として実施していくべき事項であるため、GX推進に取り組んだ結果としての効果の見える化が継続的に取り組むためのモチベーション維持につながると思われる。

なお、本実証分析結果は、今後の「四国大学サステナブル宣言」におけるサステナブル・キャンパスを実現する上での行動計画立案や、先進的技術を活用したDX・GX対応への戦略立案のための基礎データとしても有効に活用できるものである。

## II. 分析対象としたシステム

DX推進計画を進める上で最初に導入したシステムがペーパーレスシステム「moreNOTE」である。続いてワークフローシステムの「コラボフロー」で電子決裁化を進めた。その後、ビジネスコラボレーションツール「Line Works」をグループウェアとして導入し、さらにノーコード開発ツール「キントーン」を業務アプリ開発やグループウェア補完ツール

として導入した。

これらのシステムはスマートフォンやタブレット端末からも利用できることからペーパーレス化につながっており、以前から導入されていたGoogle Workspace（大学メール、GoogleDriveなど）やビデオ会議のためのZoom、各種学内システムについても基本的にペーパーレス化に役立つものであり、GXに貢献しているシステムと言えるものである。

さらに、学内に散らばる実機サーバー群を集約し、少ないリソースで稼働させるための「サーバー仮想化基盤」についても、電気使用量の削減を通してGXに貢献している。

その他、学内Wi-Fi更改や学内基幹ネットワーク更改など、DX基盤整備も並行して実施してきた。

今回は、GXに直結する効果を定量分析するため、分析対象としたシステムは、ペーパーレスシステム「moreNOTE」、ワークフローシステム「コラボフロー」であり、本学では全教職員で利用されている。この二つのシステムは、現実の紙で運用されていたものを、デジタルに置き換えるための仕組みであり、導入から2年程度、経過していることから実証分析のための検証データが十分揃っている。

さらに、パソコン、プリンター、外部記憶媒体な

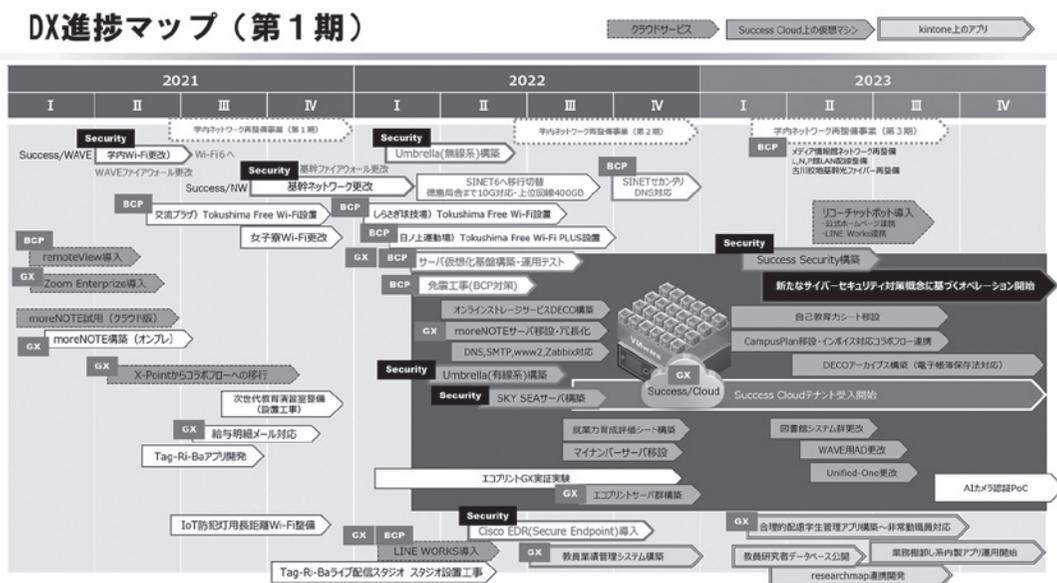


図1 DX進捗マップ

どの資産管理ツールとして導入したSkysea Client Viewを利用した印刷ログからの行動分析と、本学全体におけるコピー用紙の購入量からのマクロ分析の試みも行った。またサーバー仮想化基盤による電気使用量の削減についても分析を行った。

その他のシステムについては、元々、紙にあまり出力しない運用がされているシステムや、運用期間が短いため、検証データが十分揃っていないなどの理由により、今後、改めて分析にチャレンジしたいと思う。

### Ⅲ. ペーパーレスシステム「moreNOTE」の効果分析

#### 1. システムの導入

本学の導入したペーパーレスシステムはmoreNOTEであり、業界シェア1位の製品である。全教職員への展開にあたり、moreNOTEにはクラウドサービスもあるが本学では、会議用途だけではなく、個人としての業務利用や研究用途も視野にギガ単価が非常に安くなるオンプレミス版を導入した。製品特定の決め手となったのは、クライアントアプリが、iOS、Androidのほか、Windows、macOS（ただしappleシリコンに限る）と幅広く対応しており、本学はタブレット端末を配布せずに導入を開始したため、タブレットがない場合は、Windows端末をクライアントとして利用できるメリットが非常に高かったからである。また、1アカウントあたり5台までmoreNOTEアプリのインストールが許諾されていることもあり、BYOD端末の利用も推奨している。

本学の導入の特徴として、利用するためのアカウントを運用当初から全教職員に配布し、会議室設置のiPad利用時においても、個人アカウントでログインをする運用としたことである。よくある導入の失敗例として、会議室に固定設置のペーパーレス表示端末でのみ利用でき、会議室から離れると利用できないパターンがあるが、幸い本学の場合は、個人ごとにアカウントを配布できたため、利用のためのモチベーション維持や、iPadでは、appleペンシルや互換ペンシルでの手書きメモの活用も可能であるなど、儀礼的にペーパーレスシステムを使うのではなく、個人権限レベルでの活用度合が高いことが特徴

である。

#### 2. 多様なデバイスでの利用

2021年9月の運用開始から、2023年11月末では、全教職員及び評議会員の合計358アカウントで利用されており、利用に際して登録されたデバイス数はこれまでに累計867デバイスにも上っている。ただし、機種変更やパソコン更新のために使用しなくなったデバイスも含まれるため、2023年4月から11月の間でログインしたデバイス数では552台であり、一人あたり1.54台となっている。OS別では、Windows 295台、iPad 184台、iPhone 41台、Android 23台、Android タブレット9台となっており、多様なデバイスで利用されている。ここで、特筆すべきはiPad 184台のうち、40台は会議室備え付けのものであるため、個人管理のiPadが144台となっている。これは、教員のiPad保有率が高いことが挙げられる。

こうしたBYOD端末を含む多様なデバイスでの接続を許可したことにより、本学では現状では1台もペーパーレス用のタブレット端末を配布することなく、アカウント数以上のデバイスが利用されていることにつながっている。

BYOD端末利用の場合の懸念としてセキュリティの問題があるが、moreNOTEは生体認証ログインや、端末にダウンロードされたデータは端末内のサンドボックス化されたエリアに暗号化された状態で配置され、他のアプリからデータにアクセスされることはなく、2週間程度でダウンロードデータも自動的に消去され、万一、端末を紛失した場合もデータの遠隔消去が可能となっている。

なお、本学においては、今後、段階的にiPadとAppleペンシルを部署ごとに配布して増やしていき、会議での紙使用の全廃を目指す方向であるため、教職員あたりのペーパーレスシステム利用可能デバイス数としては、全国の大学や企業体を含めても飛び抜けて多いことが想定され、DX・GXの推進に取り組む先進モデル大学として全国的に誇れるものになるだろう。

### 3. moreNOTEの持つGreenActionによる効果検証

moreNOTEのシステム管理者画面には、GreenActionという「業務効率化シミュレーション」機能があり、リアルタイムにmoreNOTE利用で削減された紙、時間、コストなどが自動集計されている。この集計結果は年月日を指定して、特定の期間についての集計結果をグラフとともに表示することができる。図2は、運用開始後3か月経過した後の2021年12月から2023年11月までの2年間の利用レポート画面である。このGreenActionでの計算の根拠となるパラメータ数値は変更可能であるが、初期値として設定されていた値を使用した。

まず「削減された紙の枚数」としては、865,191枚であった。これはmoreNOTEアプリによりmoreNOTEサーバーからダウンロードされた会議資料の枚数であり、ダウンロード1ページ分が紙1枚に換算されるため、ペーパーレスシステムを導入していなければ865,191枚の紙を消費していたとして

計算されている。

次に「削減できた資料を印刷するコスト」は、8,651,910円であった。これは「削減できた紙の枚数」×「A4用紙1枚あたりの印刷コスト」で削減できた印刷コストを算出しており、紙1枚が10円としてパラメータ設定されている。この場合、紙1枚の印刷に掛かる原価計算としては、紙1枚の原価、紙1枚あたりの印刷単価、プリンターのトナー・ドラム等の消耗品代、プリンターの購入費用・リース費用、電気使用量、メンテナンス費用、設置場所代があるほか、ペーパーレスシステムにはカラー印刷、モノクロ印刷の区別がなく全てカラー表示のため10円という金額設定は原価計算を考えると、紙1枚の購入費は1円未満であったとしても、相当程度、安い単価設定であろう。

次に「削減できた資料を準備する時間とコスト」は削減できた時間が34,608時間であり、それを人件費に換算すると103,822,920円であった。この計算根拠は、「削減できた紙の枚数 (865,191枚) ÷ 「1



図2 moreNOTE「GreenAction」レポート画面

回の会議で使う資料（100枚）」×「1回の会議の資料印刷などの準備時間（4時間）」×「1時間あたりの人件費（3,000円）」というパラメータ数値で削減できた準備コストを算出している。まず「1回の会議で使う資料」が100枚と設定されていることは、会議室で行うような会議においては、10人出席で1人あたり10枚の紙を配るイメージであり、小規模な会議設定といえるだろう。この「1回の会議で使う資料（100枚）」を例えば200枚とした場合は、計算根拠から準備にかかるコストは半分となるため、このパラメータ数値の適正值選択は重要である。

「1回の会議の資料印刷などの準備時間」が4時間で設定されていることは、資料が完成の後、プリンターで印刷、ホッチキス留めや、資料の確認、配布準備を考えれば妥当な数字であろう。「1時間あたりの人件費」が3,000円で設定されている時間単価であるが、これは労働時間コストを計算する場合は、その事業主体の平均給与を元に、事業主負担分である社会保険料や事業主が負担している管理コスト分を加える必要があるため、単純に個人の1時間あたり単価とは大きく乖離する。このため、この数字についても決して過大な積算数字ではない。単純にいうと、年収600万円であれば、800万円程度の費用が事業主負担を加えると発生していることを勘案すると、「1時間あたりの人件費」は相当程度安いパラメータ設定と言える。

次に「削減できた資料を保管するスペースとコスト」であるが、削減できた資料を保管するスペース換算で1,923箱相当、保管コストが346,077円となっている。この1箱は450枚が格納される箱で、保管費が1箱あたり180円となっている。この計算根拠については不明であったが、基本的にオフィススペースは1平米あたりの賃料相当として金額換算できるものであり、土地であれば不動産鑑定評価や近傍における土地価格取引事例を元に1平米あたりの賃料が算定可能である。

次に「守ることができた木の本数」として87本となっている。この積算根拠は「削減できた紙の枚数」÷「木1本から作成される紙の枚数：10,000枚」から算出された数字となっている。この計算根拠の

10,000枚は、木1本から13,000枚ほど作られる場合もあり、絶対的な根拠はない。

次に「削減できたCO<sub>2</sub>の量」として、1,212kgとなっている。この積算根拠は、「守ることができた木の本数」×「木1本で吸収できるCO<sub>2</sub>の量：14kg」<sup>4)</sup>であり、ガソリン522.4Lから排出されるCO<sub>2</sub>量相当となっている。この計算根拠は、「削減できたCO<sub>2</sub>の量：1,212kg」÷「ガソリン1リットルあたりのCO<sub>2</sub>排出係数：2.32kg」<sup>5)</sup>である。

参考に木1本が1年間で固定する炭素は3.8kgでCO<sub>2</sub>に直すと14kgであるなどはよく出てくるため覚えておいた方がよいだろう。

このGreenActionはGXを意識した効果分析も表示されているが、基本的には、DX投資として行ったmoreNOTEのROI（Return On Investment）シミュレーションツールとなっており、標準パラメータ数値では、2年間で1億円以上ものコスト削減効果があったことを考えればDX投資としては、非常に高い投資効果を上げているといえるだろう。GX投資としても紙の削減が865,191枚（1年間では432,595枚）削減でき、今後の利用余地を考えれば、十分な投資効果があったと判断できる。

#### 4. moreNOTEの利用分析

moreNOTEの利用分析として、GreenActionのグラフから大まかに読み取ると、3月に利用が増大し、8月に利用が少ないという特徴的なパターンが出ている。これはアノマリーではなく、3月は会計年度の締めとなり各種事業報告を行う会議が多く、また8月は学生の夏季休業に合わせて教職員も夏休の取得や研修が多くなり会議が少なくなるためである。

さらに詳しく、利用分析を進めるため、moreNOTE上に登録されたフォルダとフォルダ名称から利用している部署と会議用途について分析した。本学の場合、フォルダの基本的な利用ルールとして、第1階層（部署名）、第2階層（会議名）、第3階層（年度）、第4階層（会議年月日）、第5階層（自由設定）として運用することを推奨しているため、このフォルダを分析することにより、2年間で利用された部署単位での利用動向を把握することが可能

である。分析した結果、第5階層まで再帰的にフォルダをツリー分析したところ419フォルダが存在し、部署別では、学部運営支援課360フォルダと突出しており、総務課117フォルダ、情報戦略課65フォルダ、全学共通教育センター64フォルダ、総合企画課57フォルダ、教育支援課57フォルダ、看護学科50フォルダ、経営会議47フォルダと以下続いており、28の部署で利用されていた。

会議名単位では、看護学部教授会37フォルダ、評議会37フォルダ、生活科学部教授会33フォルダ、経営情報学部教授会30フォルダといずれも学部運営支援課が事務局をしている教授会・委員会等の教員主体の定期的に開催される会議での利用が多く、教員はiPadやノートパソコン保有者が多いことから利用が進んだものと思われる。

ここまでの分析でオフィシャルな会議ほど使われており、所属内での資料共有、個人ユースでの利用は、まだまだ利用が進んでいないと見られるため、今後の利用余地を大きく残している。

個人でのユースケース代表例が、学外での会議出席など、出張の際に資料を印刷して持参するのをやめ、ペーパーレスシステムに資料を登録し、タブレット端末のみ持っていくというものであり、例えば、国の省庁が自治体職員を集めて会議を行う場合に、コロナ禍を契機として、資料は事前にクラウドストレージなどの大規模ファイル共有システムで送付し、ペーパーレスで閲覧できるタブレット端末に入れて持参するよう案内がされている状況であり、以前のように国が印刷して会議当日に配布することは非常に少なくなってきている。

また、利用提案としては、膨大なマニュアルや資料の閲覧を必要とする業務なども、ペーパーレスシステムの場合、ワード検索ができることが大きな強みであり、資料中にURLリンクがあれば、タップすれば引用されているサイト情報もブラウザで閲覧が可能である。こうした使い方は、元々、ペーパーレスシステムの導入が進んでいる地方議会では職員による議案印刷業務の負荷軽減と、大量の議案書保管や検索性のメリットからも導入が加速している。moreNOTE販社調べによると、徳島県内の議会では、

2023年11月時点で徳島県と24市町村の合計25団体中の半数にあたる12団体（内訳は県議会1、市議会3、町議会8）でペーパーレスシステムが既に導入されており、さらに今後、市議会での導入加速が見込まれている。

ここで、ペーパーレスシステムの導入にあたっては、表示端末に必要なWi-Fi環境整備が議会での導入時には障壁となってくるものであるが、本学の場合は、学内189カ所において学内Wi-Fiアクセスポイントを整備しており、学内であれば、ほぼどこでもWi-Fi回線にアクセスできる環境が整っていることも導入が進んでいる一因だろう。

#### IV. ワークフローシステム「コラボフロー」の効果分析

##### 1. システムの導入

本学がワークフローシステムとして本格的に導入した製品は「コラボフロー」である。事務職員は2022年2月から、教員は2022年5月から運用が開始された。

コラボフローの特徴として、Microsoft Excelで申請様式を作成し、様式内に予め値が格納されるフィールド名やシステム変数を指定しておくことで、簡単にコラボフロー上の申請様式に変換され、様式開発にかかる職員負担が非常に少なく済むメリットがあった。

申請者の属性による自動的な決裁ルートを決定するための経路設定に関しても非常に設定しやすく、本学における複雑な経路ルールにも標準機能だけで対応できたことも大きな決め手となった。当初、原議書（いわゆる起案書）の1様式のみでスタートしたコラボフローの運用であったが、職員自身が申請様式を開発できるよう職員研修を実施したことで、様式開発が進んできた。

現在では、図3に示す30種類の申請様式でワークフロー申請が可能となっている。

また、最近においては、インボイス対応のため、会計システムとコラボフロー間で、コラボフローの持つREST APIでワークフロー連携させたことにより、会計システムからの物品伝票、支出伝票の非常



図3 コラボフロー申請様式一覧画面

に件数の多かった紙印刷は激減する予定であり、2023年度内には、さらにコラボフローから電子帳簿保存法対応クラウドへのREST API連携したシステム開発も行っており、データドリブンに連携するワークフローとしての活用が開始され始めた。

## 2. 効果検証

コラボフローの全教職員での運用開始は2022年5月であるため、1年間という単位で期間を取り出すと2022年12月から2023年11月までの1年間での効果検証期間を設定した。検証には、コラボフローから申請データを検索し、その結果を出力したファイルを分析することで実施した。

コラボフロー全体では1年間で7,945件のワークフロー利用がされている。申請様式利用順では、原議書2,033件、近距離学外業務命令書1,840件、休日振替願1,013件、旅行命令書・旅費請求書726件、大学広報戦略室への情報発信依頼書273件と続いている。

原議書に着目すると、原議書決裁に添付されていたファイル数は原議書2,033件の内、添付ファイルが4,893個であったため、原議書1件あたり2.4個の添付ファイルがついている計算となる。添付ファイルが平均3ページと仮定すると、15,000枚弱となり、

原議書鏡が2,033枚であるため、17,000枚程度の削減効果となる。

原議書決裁を紙で行った場合の時間コストは、原議書鏡と資料を印刷し、上長決裁を得た後、各建物から四国大学本館へ原議書を持参する必要がある。この間の行き帰りの時間だけでも15分程度は時間を要するほか、決裁ルートを渡る間、時間コストは積みあがっていく。単純に紙の原議書が全ての決裁ルートを渡る間の時間を30分と見積もった場合、2,033件と乗じて60,990分必要であり、1時間に直すと1,016時間が必要である。これをmoreNOTEで使用した1時間あたりの人件費パラメータ3,000円を乗じると、3,048,000円となる。

さらには、決裁後においては、過去の決裁を探すということがあるが、ワークフローシステムであれば、検索するだけで閲覧が可能となってくるため、ここでも大きな時間コストの削減が可能になるほか、原議書のような書類ではバインダーに年度毎に簿冊管理する例が多いが、その保存をするための作業時間、バインダーの購入コストや保管コスト、保管切れ簿冊の廃棄コストなども必要となるため、ワークフロー利用の効果は絶大である。

コラボフローでの1年間で削減できた紙の枚数の推計としては、先の方原議書1回に2.4個の添付ファ

イルがついていたことからその数値を用いると、1年間の利用7,945件のうち、添付ファイルを必要としない申請が3,000件程度あったため、これを減じて、4,945件×2.4個×1添付ファイルあたり3枚と換算すると35,604枚に申請様式鏡7,945枚を加え43,549枚程度と推計される。このため、削減できた起案文書等の資料を印刷するコストの削減効果はmoreNOTEのパラメータ数値10円で乗じると435,490円の削減効果となる。また削減できた時間とコストは、原議書の上述の持ち廻り時間等を含めた処理時間を30分として7,945回を乗じて238,350分必要で、1時間に直すと3,972時間であり、1時間あたりの人件費パラメータ3,000円を乗じると、1年間で11,916,000円のコスト削減効果と推計される。

さらには、ワークフローには、申請業務の標準化による申請作業自体の削減効果や、決裁ルートを経由中の差し戻しや再申請、決裁がどこまで進んでいるかの見える化や決裁完了後の検索の容易性によるメリットなど、定量効果には表れにくい部分においても沢山のメリットを享受できる。なにより、スマートフォンでも時と場所を問わずワークフロー決裁ができることは、意思決定の迅速化と部署内のリードタイムの減少につながり、大学経営の改善につながるメリットも大きいだろう。

## V. SKYSEA Client View による印刷分析

SKYSEA Client Viewは本学における事務職員が使用している事務用パソコン187台に導入されている資産管理ツールであり、各種のシステムログを取得することが可能である。このシステムを導入し稼働したのは2023年3月末であるため、データ分析期間は2023年4月～11月の8か月分であり、1年間のイベントを全て反映できていないことを予めお断りしておく。まず、2023年4月～11月までの印刷枚数は、1,194,409枚であり、1年間の単純推計では179万枚程度となる。月毎の印刷枚数では10月が197,679枚と高い。所属別では、就職キャリア支援課186万枚、教育支援課172万枚、経理課133万枚と飛びぬけて多く、学生支援課82万枚、学部運営支援課80万枚とつづいている。

この間で印刷された回数は210,689回である。1回ごとの印刷枚数を階層として区分し度数分布として分析した結果を表1に示す。

この表1と図4を読み取ると、印刷枚数が1枚から3枚の印刷回数が176,317回(83.7%)を占めており、印刷枚数は244,214枚(20.5%)となっている。こうした少ない枚数の印刷状況を印刷したファイル名から外観すると、学内の提出様式の印刷行動が多く、特に勤怠関係及び経理関係の提出書類が多く見受けられた。勤怠管理のうち“出勤”とファイル名につく印刷を抽出すると、3,396回印刷され、印刷枚数は8,043枚であった。

勤怠管理のうち、事務職員の出勤簿については、現状、Excelファイル管理となっており、しかも紙出力して押印の上、提出することとなっているため、早急なシステム化を行うことがDX・GXを推進するうえで必要である。

次に印刷回数と印刷枚数の割合が高かったものとして、印刷枚数が11枚から500枚までが印刷回数12,994(6.17%)でありながら、印刷枚数は599,598枚(50.2%)も占めており、印刷枚数を押し上げている中心である。ファイル名から外観すると学生への問題等の配布資料が特に多いように見受けられる。この階層では、余部となる印刷をいかに少なくするかという対応と、今ある学内システムに置き換えができないか検討する必要がある。今後、次世代高度LMS構築が進むと選択できるDXツールも増えるため、それらの活用も考えていく必要があるだろう。

最後に501枚以上の印刷が印刷回数179回(0.09%)でありながら、印刷枚数224,799枚(18.8%)となっている。こちらについては、やはり学生配布用資料が多いものとなっているが、パワーポイント資料であれば1枚の紙に4ページから9ページ分程度、印刷しても十分閲覧可能なため、枚数圧縮のための行動を取るようし、そのような資料を学生が手にすることで、紙の節約方法を知り、自らの情報リテラシーも高まるため、実践を期待するものである。

なお、1回の印刷で最も印刷枚数が多かったものは8,550枚であった。両面印刷を考慮しても2,500枚

表 1 印刷毎の印刷回数と印刷枚数分析

印刷枚数分布	印刷回数	割合	印刷枚数	割合	
-	1	121,457	57.6475%	121,457	10.17%
-	2	41,823	19.8506%	83,646	7.00%
-	3	13,037	6.1878%	39,111	3.27%
-	4	7,385	3.5052%	29,540	2.47%
-	5	3,554	1.6868%	17,770	1.49%
-	6	3,427	1.6266%	20,562	1.72%
-	7	1,718	0.8154%	12,026	1.01%
-	8	2,014	0.9559%	16,112	1.35%
-	9	1,222	0.5800%	10,998	0.92%
-	10	1,879	0.8918%	18,790	1.57%
11	100	11,646	5.5276%	321,222	26.89%
101	500	1,348	0.6398%	278,376	23.31%
501	1,000	117	0.0555%	80,671	6.75%
1,001	2,000	39	0.0185%	54,095	4.53%
2,001	3,000	7	0.0033%	17,320	1.45%
3,001	4,000	10	0.0047%	35,117	2.94%
4,001	5,000	1	0.0005%	4,796	0.40%
5,001	6,000	3	0.0014%	16,850	1.41%
6,001	7,000	0	0.0000%	0	0.00%
7,001	8,000	1	0.0005%	7,400	0.62%
8,001	-	1	0.0005%	8,550	0.72%
計		210,689	100.0000%	1,194,409	100.00%

表 1 をグラフ化したものを図 4 に示す。

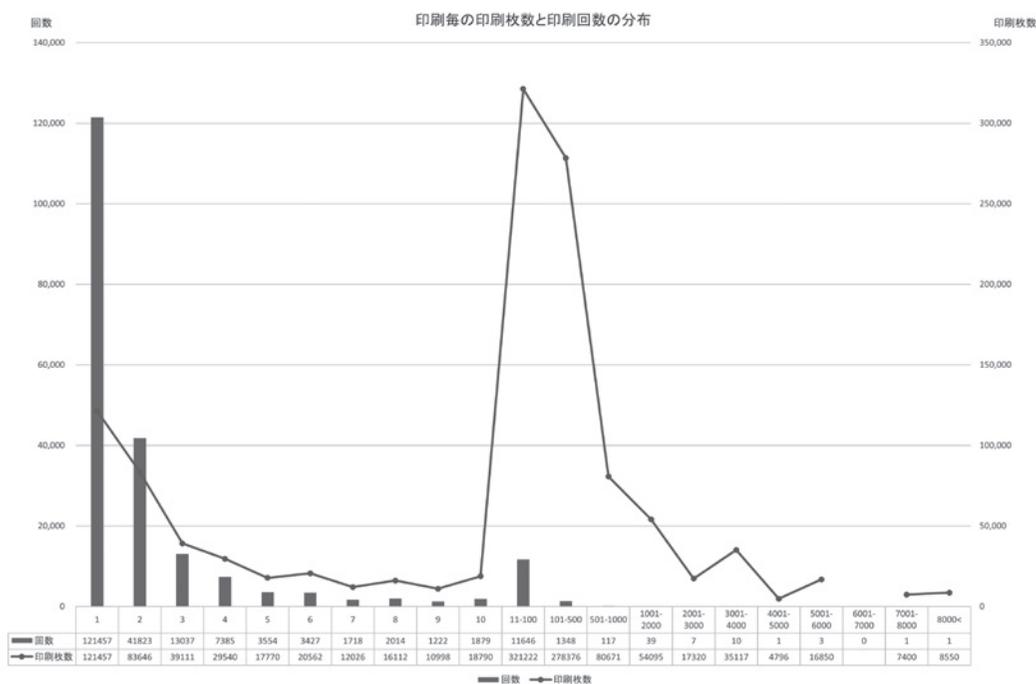


図 4 印刷毎の印刷回数と印刷枚数分析

入りコピー用紙を2箱程度、消費しており、1枚10円で計算すると85,550円も印刷費用が発生していることを考えれば、ネットプリントの活用や電子書籍ファイル化して配布など、いくらでも対応方法はあるかと思う。

## Ⅵ. コピー用紙購入量推移

ここでマクロ的視点からの紙の購入分析を行うために経理課調べによるR4において大学全体で購入されたコピー用紙の購入実績について表2に示す。全体の合計では3,489,000枚であった。事務所属は1,087,500枚を購入しており、事務所属以外では2,401,500枚の購入であった。

R4全体が349万枚を紙の購入総数として、SKYSEA Client Viewで推計される事務部局の1年間の印刷枚数179万枚のうち両面印刷した割合を3割と想定した場合125万枚の紙を消費している。事

務部局の紙の購入数が109万枚のため両面印刷を3割と想定すると141万枚印刷できることから、必要な在庫余裕も含め、事務部局の紙の出入り数は、凡そ釣り合っていると思われる。

### 事務部局の紙の出入り数

141万枚の紙購入>125万枚の1年間の印刷枚数

事務所属以外では、学科などで2,401,500枚が購入されており、看護学科、児童学科が多く、どちらも免許取得、国家試験や採用試験を目指す学科であるのが共通点であるが、残念ながら学科での印刷行動は調査できていないので不明である。

紙の購入枚数の経年推移であるが、単価契約業者分の合計として、表3に示す。H28からR4にかけて200万枚以上の削減が進んでいる。R4の削減分の一因としては、ペーパーレスシステムmoreNOTEやコ

表2 コピー用紙購入実績 (R4年度)

区分	財務グループ名称	枚数計	A3 (1500枚)	A3 (2500枚)	A4(2500枚)	B4(2500枚)	B5(2500枚)	
学科	看護学部	501,500	76	1	154			
	児童学科	327,500	30	7	101	5		
	人間生活科学研究科	200,500	12		73			
	経営情報学科	170,000		14	53	1		
	国際文化学科	145,000	10		37	15		
	短・食物栄養専攻主任	100,500	17		29	1		
	メディア情報学科	100,000			39	1		
	書道文化学科	87,000	8		20	10		
	日本文学科	85,500	22		9	6	6	
	短期大学部	70,000			21	7		
	文学研究科	60,000	10		18			
	健康栄養学科	44,000	6		13	1		
	短・介護福祉専攻	25,000			10			
	幼児教育保育科	25,000			10			
	短・音楽科	25,000			10			
	科研	12,500			5			
	学生寮	12,500			5			
	短・食物栄養専攻	7,500	5					
	センター他	情報教育センター	245,000	30		80		
		全学共通教育センター	115,000		4	37	5	
認定こども園		42,500	5		5	7	2	
計		2,401,500	231	26	729	59	8	
事務	教育支援課	317,500		11	116			
	総務課	165,500	2		65			
	経理課	137,000	8		50			
	社会連携推進課	125,000		2	48			
	総合企画課	55,000			22			
	国際課	55,000		2	20			
	学生支援課	50,000		10	10			
	入試課	45,000			18			
	広報課	40,000	5		13			
	学修支援担当	26,500	1		9	1		
	学術情報課	19,500	3		4	2		
	教職教育・実習支援担当	17,500			7			
	大学広報戦略室	15,000			6			
	学部運営支援課	10,000			4			
	施設課	9,000	1		3			
	計	1,087,500	20	25	395	3	0	
合計	3,489,000	251	51	1,124	62	8		

※表2作成にあたり、個人名での購入分は学科・所属にマージした。

表3 H28～R4年度（単価契約分）コピー用紙購入実績

サイズ	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4
A4	4,207,500	3,550,000	3,990,000	N/A	2,790,000	3,367,500	2,472,500
A3	594,000	612,000	529,500	N/A	534,000	555,000	458,500
B4	502,500	365,000	387,500	N/A	160,000	272,500	122,500
B5	132,500	132,500	110,000	N/A	60,000	127,500	50,000
合計	5,436,500	4,659,500	5,017,000	N/A	3,544,000	4,322,500	3,066,000

※単価契約以外の購入分が毎年40万枚～45万枚程度あるが、表3には含まれていない

ラボフローの影響も相当あると思われるが、もう少し経年調査を行う必要があるだろう。

## VII. サーバー仮想化基盤による電気使用量の削減

最後に、本学では、2022年に学内クラウド基盤として、遅ればせながら、サーバー仮想化基盤を初めて導入した。これを機に、サーバーの強靱化対策や、BCP対策としてのサーバーラック免振装置の導入も併せて実施し、導入から1年間で実機サーバーの仮想化基盤への移行は大きく進んだ。現在では、サーバー仮想化基盤上に66台の仮想マシンや仮想アプリケーションが稼働しており、実機サーバーにはない多くのメリットを発揮している。

例えば、実機サーバーでは、事前にサーバー毎にCPUコア、メモリ、ストレージ等の最大容量を見積りの上で、調達作業やラッキング、配線作業など非常に工数が発生する上に、実機サーバーでは保有リソースは有効に活用できず、サーバーが利用されていない場合にはCPU使用率が数パーセントということも普通である。これに対し、サーバー仮想化基盤では、導入後においては、サーバーの調達作業やラッキング、配線作業も不要で、CPUコアも基盤全体のCPUリソースから必要分を切り出して使え、CPUリソース以上にオーバーコミットできるため、保持しているCPUリソースの10倍以上の利用が可能となるメリットなどサーバーの集約化を行うことで、実機サーバーと比較して、少ないリソースで同じ機能を有するサーバーが仮想マシンとして利用できるものである。例えるなら、実機サーバーが一戸建ての住宅団地とすれば、サーバー仮想化基盤は、マンションのイメージであり、土地面積あたりの建築戸数が

何倍も変わってくるのと同じである。

そのため、サーバー仮想化基盤へのサーバー集約化は電気使用量の削減にも有効に機能する。本学においては、実機サーバーから仮想サーバーに移行するに際して、各種の新システムや、強靱化対策としてサーバーの冗長化、可用性向上対策も実施したため、元の実機サーバーから比較し、サーバー台数が増えているため、現状、サーバー仮想化基盤に移行済みの仮想マシン66台が実機サーバーである場合という想定のもと、削減される電気使用量のみをGX貢献部分の概算として算出する。もちろん、実機サーバーを作成する場合と仮想マシンを作成する場合の費用計算や時間コスト計算も可能であるが、紙面の関係から割愛する。

まず実機サーバーであるが、1台あたりUPS給電分も含み、500Wの消費電力として、その40%程度で稼働する場合、kWhに換算すると0.2kWhとなる。またサーバーであるため24時間、365日稼働の稼働時間とサーバー台数を乗じた上に、1時間あたりの契約電力料金を乗じると1年間の電気料金の試算が可能である。大学での電力会社との契約は法人契約であるため家庭用の電気と比較し割引が効いており計算も複雑であるため、今回はkWhあたり20円00銭として試算すると、以下の計算式となる。

実機サーバー66台の年間電力量料金試算

$$0.2\text{kWh} \times 24\text{時間} \times 365\text{日} \times 66\text{台} \times 20\text{円} \\ /\text{kWh}=2,312,640\text{円相当} (115,632\text{kWh使用})$$

次にサーバー仮想化基盤であるが、3Tier構成のサーバー仮想化基盤が納められたラック全体の最大

消費電力は5,189Wであり、その40%程度で稼働しているとしてkWhに換算すると2.1kWhとなる。また、仮想マシンとして66台を既に収容済みであるが、仮想化基盤としては1台のためマシン単位の積算は行わない。よって、上述の計算式を使うと以下となる。

サーバー仮想化基盤の年間電力量料金試算

$$2.1\text{kWh} \times 24\text{時間} \times 365\text{日} \times 1\text{台} \times 20\text{円} \\ /\text{kWh}=367,920\text{円相当 (18,396kW使用)}$$

この計算式で得られた数字の差分を取ると、電気料金として1,944,720円程度、安くなるうえ、電気使用量は97,236kWも削減できることとなり、仮想化技術がGXに与える恩恵は計り知れないものである。

## VIII. まとめ

ここまでの分析で、GXにおいて定量効果として削減が認められたものは以下となる。

- (1) moreNOTEにより削減された1年間の紙の枚数432,595枚 (865,191枚 ÷ 2年)
- (2) コラボフローにより削減された1年間の紙の枚数43,549枚
- (1)と(2)の合計で476,144枚 (4,761,440円相当)
- (3) サーバー仮想化基盤導入に伴う電気使用量の削減分97,236kW (1,944,720円相当)

その他、DX化により大学全体での紙の購入量の削減も進んでいると思われるが、在庫状況により入力側データとなる購入量は左右されるため、正確な効果測定のためには、部署毎に、毎年の使用枚数を在庫棚卸しにより出力側データを継続的に調査する以外に方法はないだろう。

## IX. おわりに

これまでDX推進計画を着実に実施することにより、DX化が進んできたが、その効果検証の主たる部分は、労働生産性が高まることによる時間コスト短縮分を人件費コストとして計算上、求めることができ、余裕ができた時間で新たな価値創造を生み出

す業務などを行うのが理想であるが、個々で考えると若干の余裕時間が生まれるだけで、計算上求められる人件費コストの総和に反して、現実の人件費コストの削減にはつながりにくい。

これに対して、GXは例えばDX推進の副次効果として生み出されたものであっても、紙の削減、電気使用量の削減などのように目に見える現実の数字と金額として現れてくるものであり、小さな取組みであっても全体としての取組みによる積み上げ効果は大きいものとなる。

そのため、GXの取組みについては、紙の購入枚数、使用枚数、電気使用量等、できる限り「見える化」することが継続的な取組みにはなくてはならず、できれば、そのデータを集めて自動集計により、いつでもリアルタイムに「見える化」や、学内のみならず学外へも公式ホームページを通じて、自動的に手間なく公開されることが望ましく、そうしたことを実践している大学も増えてきている。

このため、データの「見える化」には、プリンターは全てクラウド上に印刷情報を送信し自動集計できるもので構成する等、IoT技術と収集データの見える化のためのBIツールやAI予測システムの導入、HEMSなどと連動したGXダッシュボードの設置などのDX技術が有効に機能するだろう。

最後に、今後についても、GXへの取組みも意識しながら、四国大学DX推進計画（第2期：2024-2026）を策定し、本学に合ったスマートキャンパスの整備に取り組みたいと思う。

## X. 参考文献

- 1) 四国大学情報戦略推進本部会議(2022, 3月4日)  
四国大学DX推進計画（第1期2021-2023）
- 2) 首相官邸（2020, 10月26日）「第203回国会における菅内閣総理大臣所信表明演説」  
[https://www.kantei.go.jp/jp/99\\_suga/statement/2020/1026shoshinhyomei.html](https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/statement/2020/1026shoshinhyomei.html)
- 3) GX実行会議  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx\\_jikkou\\_kaigi/index.html](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/index.html)  
閣議決定（2023, 2月10日）GX実現に向けた

基本方針

[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx\\_jikkou\\_kaigi/pdf/kihon.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/pdf/kihon.pdf)

- 4) 林野庁関東森林局（森林の二酸化炭素吸収力）  
<https://www.rinya.maff.go.jp/kanto/nikkou/>

[knowledge/breathing.html](https://www.mlit.go.jp/knowledge/breathing.html)

- 5) 国土交通省（排出係数一覧表（計算用）

<https://www.tb.mlit.go.jp/chubu/jidosya/haisyutukeisuitiran.pdf>

ABSTRACT

This paper presents an empirical analysis of the secondary effects in the green transformation (GX) brought about by the digital transformation (DX) promotion at Shikoku University during the three-year process from 2021 through the formulation of the "Shikoku University DX Promotion Plan" and the implementation of the plan. As a result of statistical analysis using system logs obtained from various systems introduced for DX promotion at the University, it was revealed that DX promotion has increased labor productivity as well as greatly reduced time costs, and that the secondary effects, such as the reduction of paper consumption and electricity costs, have also contributed to GX in no small measure. The results of these empirical analyses indicate that the "two sides of the same coin" are the key to the GX promotion.

The results of these empirical analyses can be effectively used as basic data for planning the action plans in order to realizing a sustainable campus in the "Shikoku University Sustainable Declaration" and to developing strategies for DX and GX, utilizing advanced technologies.

KEYWORDS: DX, GX, paperless, workflow, server virtualization infrastructure