

脱炭素トピック毎における相対的な進捗度合いの可視化

Using news articles to identify emerging trends in Net-Zero societies related to technologies, policy and regulatory

毛利 研¹ 春日 剛² 成宮 仁² 大場 久永¹ 関本 和穂¹
Ken Mohri Takeshi Kasuga Jin Narumiya Hisanaga Oba Kazuho Sekimoto

¹ 有限責任監査法人トーマツ デロイトアナリティクス

¹ Deloitte Touche Tohmatsu LLC, Deloitte Analytics

² 株式会社国際協力銀行 調査部

² Japan Bank for International Cooperation, Strategic Research Department

Abstract: Regarding ESG investments, which is one of the investment methods to evaluate corporate environmental efforts, are becoming the minimum requirement for business. Information disclosure regarding Carbon Net-Zero society has led to the trust of the market and has begun to be directly linked to corporate value. Therefore, in this study, we visualized the relative progress of each decarbonized topic in each country. Specifically, we extracted articles related to decarbonization from about 40 million articles over the past three years, clustered BERT embedding vectors for those articles, and extracted characteristic words for each cluster by using c-TF-IDF. From this study, we found that decarbonization efforts are contrasting in Europe, the United States, China, and Japan. In Japan, we found that although the fields of "fuel ammonia" and "carbon dioxide capture and storage (CCS)" are attracting attention internationally and are leading in technology, they are inferior to other countries in terms of policy and regulation.

1. はじめに

世界は気候変動に加え、生態系と生物多様性の危機、海洋プラスチック問題など、いわば地球環境容量の限界 (プラネタリー・バウンダリー; Planetary boundaries) [1] とも言える環境課題に直面している。同時に経済的格差の拡大と中間層の没落、貧困と飢餓、新たな感染症の出現、強制労働やジェンダー差別等のビジネスと人権等の幅広い社会課題があり、日本においては少子高齢化や地域社会の疲弊なども重要な課題となっている。中でも、2050年カーボンニュートラルの実現は、最も重要な目標の1つと位置付けられている。

このように脱炭素社会への取り組みは世界的に大きく広がっており、企業においてビジネス継続の最低条件に成りつつある。これら脱炭素に関する情報開示が市場からの信頼につながり、企業価値と直接結びつき始めている。そのため、民間金融機関や機関投資家は主体的にサステナブルファイナンス（持続可能な社会を実現するための金融）を拡大させており、特にESG投資額やグリーンボンド等の発行額が増加している。

世界が脱炭素へと向かう中、日本の金融もこの新たな成長分野を掴んでいくことが必要であることは言うまでもない。また、日本企業は脱炭素社会の実

現に貢献する高い技術・潜在力を有していると言わされており、3,000兆円ともいわれる世界のESG投資資金を日本に呼び込み、国内外の成長資金がこうした企業の取組みに活用されるよう、金融機関や金融資本市場が適切に機能を発揮することが重要である。

本研究により、脱炭素に係る国を横断したマクロなトレンドを捉えるため、特定の国に偏らず主要なパブリッシャーを選定(図2-1参照)、過去3年間約4,000万件のニュース記事から脱炭素関連に係る記事を抽出、記事に対するBERT埋め込み行列を算出し、クラスタリングを行い、それらのクラスタに対する特徴的な単語をclass-based TF-IDF(c-TF-IDF)を用いて抽出することで可視化した。

その結果、日本に関しては国際的に「燃料アンモニア」や「CCS(二酸化炭素回収・貯蔵)」が注目されており両分野の保有技術で先行しているものの、政策・規制面で他国より劣っていることが明白になった。

2. アプローチ

(1) データ

分析対象となるデータは、世界各国の新聞約3,000

紙を抄録・提供するデータベースである Dow Jones Factiva を利用し、2018/1/1-2021/12/16 の期間において脱炭素関連記事（検索クエリ「decarbonization OR carbon-neutral OR low-carbon OR net-zero」）を抽出した。その結果、分析対象とする記事データは、およそ 25 万件（単語数 3 億個以上）となった。ここで、Dec-2021 から過去 18 ヶ月までのトレンドを“Recent period”と定義した。“Recent”で発生したトピックの相対的な進歩を可視化するためそれ以前を“Past period”とした（図 2-2 参照）。なお、Factiva の新聞記事は、記事毎に言及されている国・地域名や企業名のタグ付けがされている。

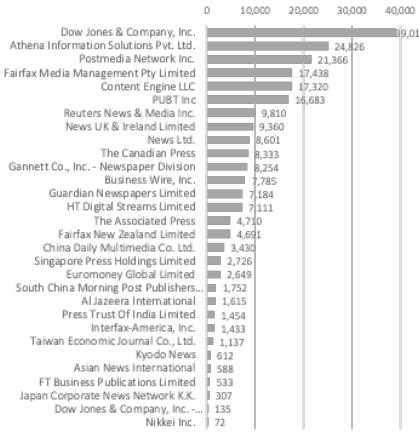


図 2-1 Dow Jones Factiva の選定したパブリッシャーと記事数



図 2-2 記事全体における脱炭素の話題推移

(2) 手法

本研究では、文書をトピックごとに分類するモデルであるトピックモデルを活用する。一般的なトピックモデルとして LDA (Latent Dirichlet Allocation) や NMF (Nonnegative Matrix Factorization) といった確率的モデルが知られているが、本研究では、Microsoft Research から 2020 年 12 月に発表された言語モデル MPNet (Multi-Perspective Context Aggregation Network) [2] を利用した Sentence-BERT [3] を採用した。言語モデルによる埋め込み表現行列は文書の意味を含意することが知られており、本研究でのトピックモデルは意味を踏まえた文書分類が可能となる。実装のツールとしては BERT 埋め込みと c-TF-IDF を活用したクラスターを作成するトピックモデリング手法を導入、トピックの説明に重要な単語を残しながら、簡単に解釈できるトピックを可能とする BERTopic [4] を用いた（図 2-3 参照）。

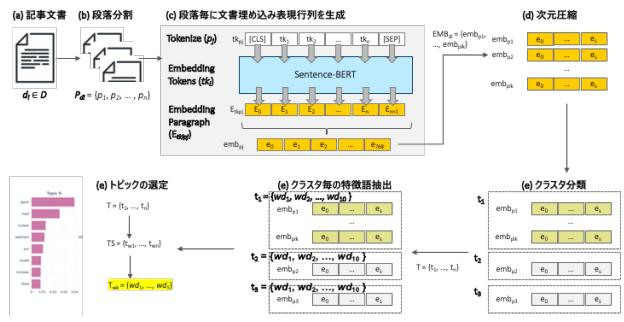


図 2-3 BERTopic によるトピックモデリング

3. 分析結果

各クラスターに所属する記事数を最小 100 件としたときトピック数は 157 個に分割され、クラスター内の各単語の寄与率を c-TF-IDF により算出した。

c-TF-IDF は以下の式で表され、クラスごとの情報量の多い単語かつあるクラスが他のクラスより優れているのは単語を抽出される。ここで、各単語の頻度 t は各クラス i について抽出され、単語の総数 w で割られる。これは、クラス内の頻出単語の正規化の一形態と見なすことができる。次に、結合されていない総文書数 m を、すべてのクラス n にわたる単語 t の頻度の合計で割ることで算出される。なお、単語抽出の際 MMR (Maximal Marginal Relevance) [4] にて単語の多様性を考慮している。

$$c - TF - IDF_i = \frac{t_i}{w_i} \times \log \frac{m}{\sum_j^n t_j}$$

算出されるトピックは確率分布であるため、各トピックの確率が最も高くなるパーティショニング関数を使用することで、最も説明的なトピックを国毎に明らかにできる。今回は、「技術」に絞って Recent Period と Past Period のヒートマップの度合いの差分を確認することで、相対的な進歩を可視化した（図 3-1, 3-2 参照）。

図 3-1 のヒートマップから各国・地域の記事に占める各技術の記事数の割合を集計、日本から見た「先行：日本を含む少数の国・地域のみが実施している」「競合：日本を含む多数の国・地域が取り組んでいる」「空白：日本を含む多数の国・地域が取り組んでいない」「劣後：多数の国・地域が実施しているが日本は取り組んでいない」を分類することができる（図 3-3 参照）。その結果、日本は世界において「燃料アンモニア」や「CCS(二酸化炭素回収・貯留)」分野が先行していることが明らかになった。

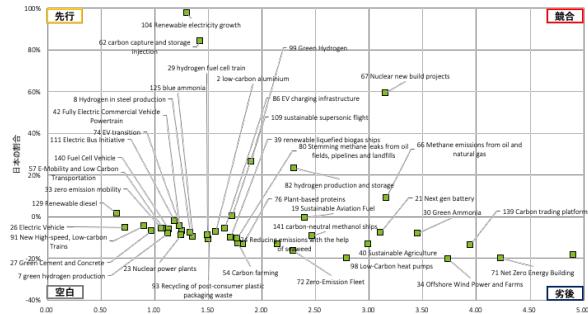


図 3-3 技術トピックの日本から見た分類



図 3-1 Recent Period における国毎の技術トピック



図 3-2 国毎の技術トピックにおける相対的な進捗

4. 考察

得られた 157 個トピックの c-TF-IDF ベクトルを利用することによりそれらが政治的、経済的、社会的、技術的なものに集約されることを確認できた。そこで、中長期的なマクロ環境のマッピングを試みた(図 4-1 参照)。このように自然言語処理によりデータドリブンな戦略立案が行う手法を確立させたことが本研究における発見でもある。

また、メタネーション技術を船舶のゼロエミッション燃料活用や海洋の二酸化炭素減少をめざしたブルーカーボンに関連してゲノム編集技術を藻類と魚介類の炭素循環に応用するプロジェクトが始まっていることを早期に発見することができた。

ステナブルファイナンスとは、特定の金融商品のことではなく、持続可能な社会を支える金融の制度や仕組み、行動規範、評価手法等の全体像を意味

する。図 3-2 に示すように Factiva など API でニュース記事をリアルタイムで入手できるようなシステムを構築することで、脱炭素によらず重大な地政学的な事象に関するトピックを抽出・分類することにより現在の状況を過去と相対的に比べることができるようになる。今後は企業レベルでリスクドライバーをモニタリングすることが課題であると考えている。

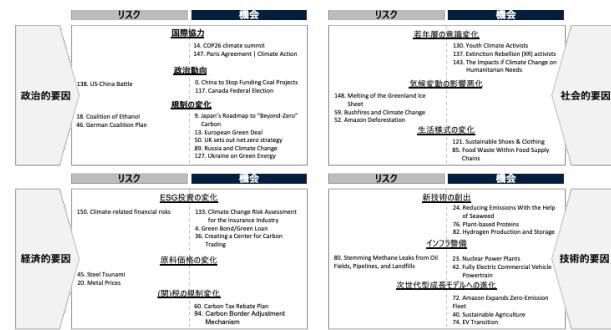


図 4-1 トピック分析により作成した PEST

謝辞

本論文を推敲するにあたりビジネス上の示唆を与えてくださった株式会社国際協力銀行の天野辰之さんに、謹んで感謝の意を申し上げます。

また、Deloitte Analytics の研究開発部門をリードしている神津友武さん、本プロジェクトの進行をサポート下さった染谷豊浩さんからは本論文への推敲まで終始適切な御助言と御指導を賜りました。心から敬意と感謝の意を表します。

参考文献

- [1] Linn Persson et., al.: Environmental Science & Technology 2022 56 (3), 1510-1521 DOI: 10.1021/acs.est.1c04158
- [2] Kaitao Song, Xu Tan, Tao Qin, Jianfeng Lu, Tie-Yan Liu, MPNet: Masked and Permuted Pre-training for Language Understanding, Part of Advances in Neural Information Processing Systems 33 (NeurIPS 2020)
- [3] Nils Reimers and Iryna Gurevych, Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks, CoRR, abs/1908.10084, 2019
- [4] Maarten Grootendorst (2020) BERTopic: Leveraging BERT and c-TF-IDF to create easily interpretable topics, Zenodo, <https://doi.org/10.5281/zenodo.4381785>.
- [5] Jaime Carbonell and Jade Goldstein. 1998. The use of MMR, diversity-based reranking for reordering documents and producing summaries. In Proceedings of the 21st annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval (SIGIR '98). Association for Computing Machinery, New York, USA