

アマゾンのカーボンニュートラル戦略 と日本のR&D 変容への示唆

渡辺 千仩

東京工業大学 名誉教授

国際応用システム分析研究所 (IIASA) 上席客員研究員

アマゾンのカーボンニュートラル戦略 と日本のR&D 変容への示唆

I. ESG リスクのR&D 誘発 — 脱炭素の基本	3-14
II. 脱炭素戦略に昇華する システム卓越性	15-30
III. 地球規模のルースカップリング	31-39
IV. 日本モデルのデジタル覚醒 — 電気学会への期待	40-50

I. ESG リスクの R&D 誘発 - 脱炭素の基本

1. R&D リーダーの ESG リスク対応

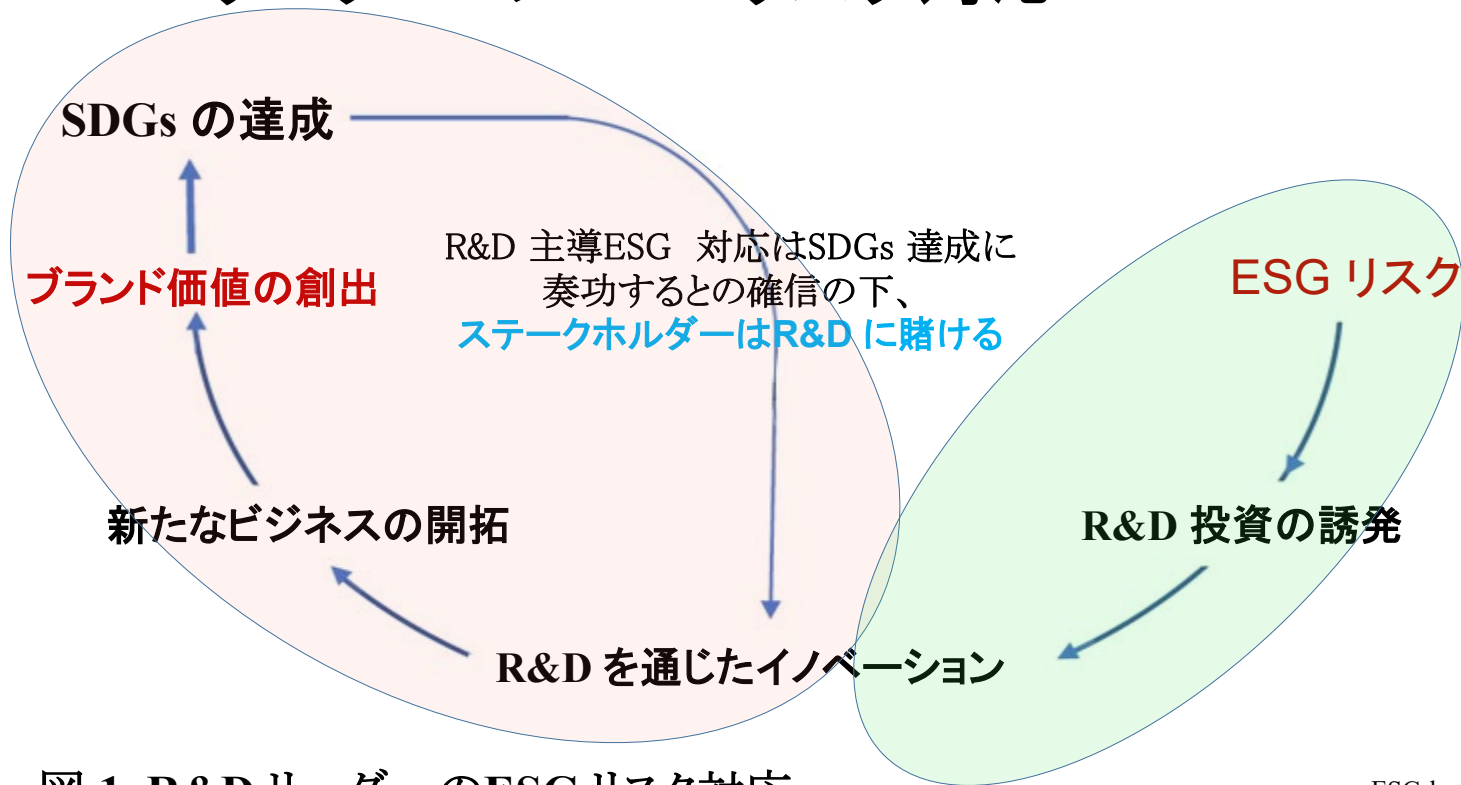
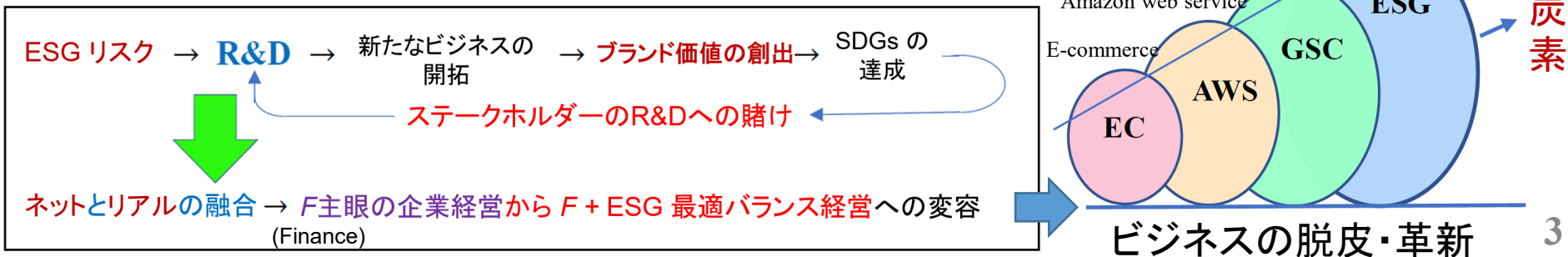
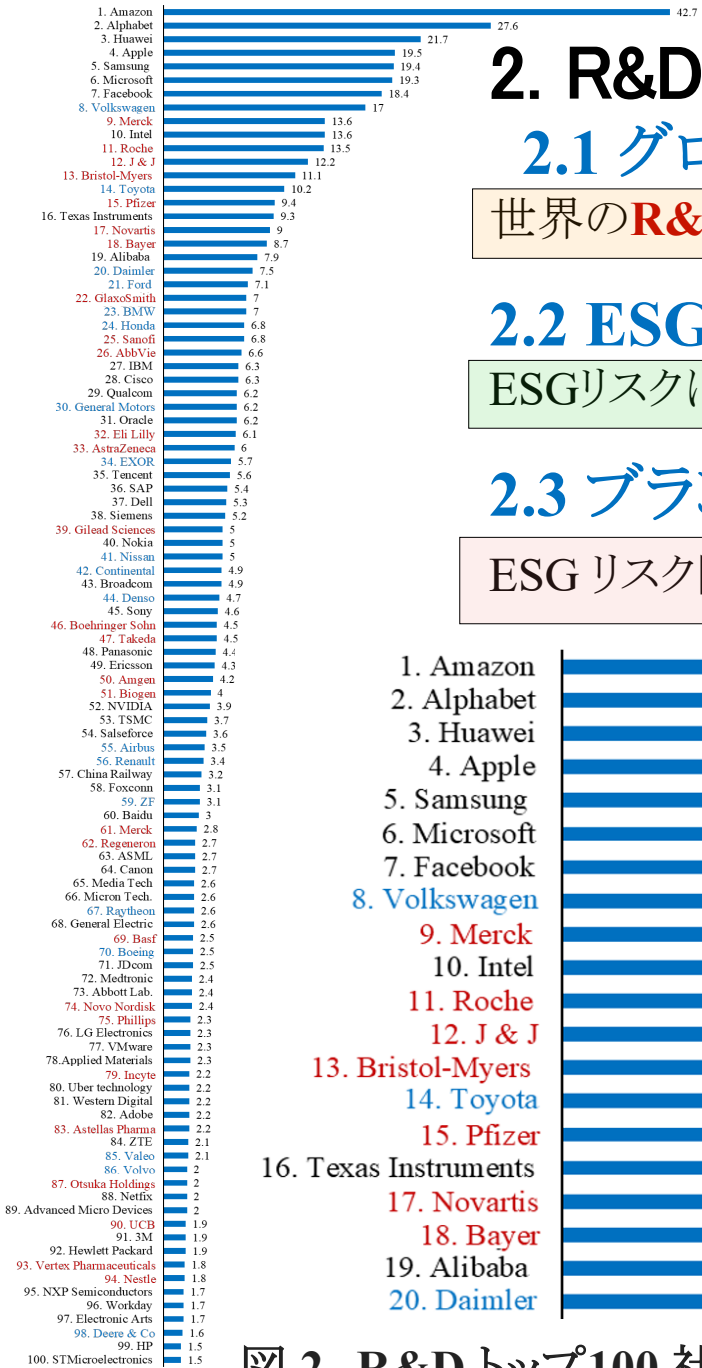


図 1. R&D リーダーの ESG リスク対応.





2. R&D 誘発率

2.1 グローバル R&D 企業

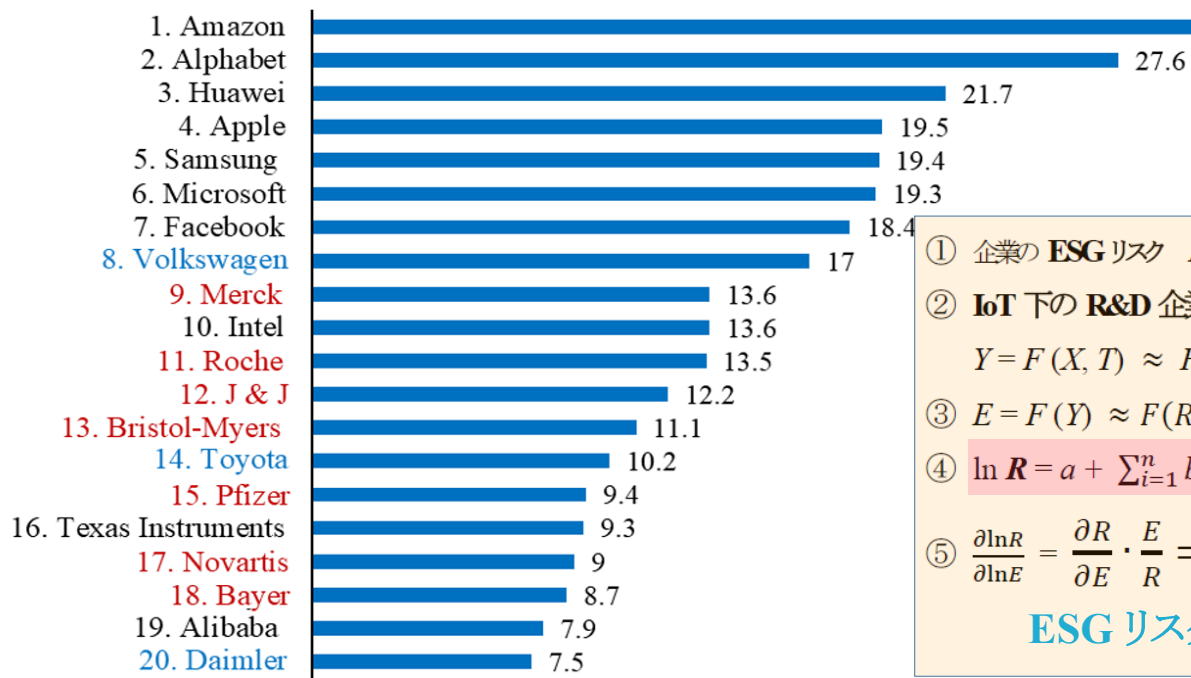
世界の**R&D**トップ100社 (ICT 53, 自動車 19, 医薬 28) の率先例

2.2 ESG リスク

ESGリスクに対する企業の直面状況・管理状況

2.3 ブランド価値

ESG リスク回避を通じた評判・革新・コストパフォーマンス・感情的適合・品質



① 企業の **ESG** リスク $E=F(Y)$ Y : CFP (Corporate financial performance)

② **IoT** 下の **R&D** 企業 X : 生産要素, $T(R)$: 技術ストック

$$Y = F(X, T) \approx F(X(T)) \approx F(T) \approx F(R)$$

③ $E = F(Y) \approx F(R)$ $\ln R = a + b \ln E$

④ $\ln R = a + \sum_{i=1}^n b_i D_i \ln E + c D_i + d D_j$

⑤ $\frac{\partial \ln R}{\partial \ln E} = \frac{\partial R}{\partial E} \cdot \frac{E}{R} = b, \quad \frac{\partial R}{\partial E} = b \cdot \frac{R}{E}$

ESG リスクの限界R&D 誘発率

図 2. R&D トップ100 社のR&D 投資 (2020) - \$ bil.

3. R&D リーダーのESG リスク対応

3.1 ESG リスクのR&D 誘発

ESG → R&D

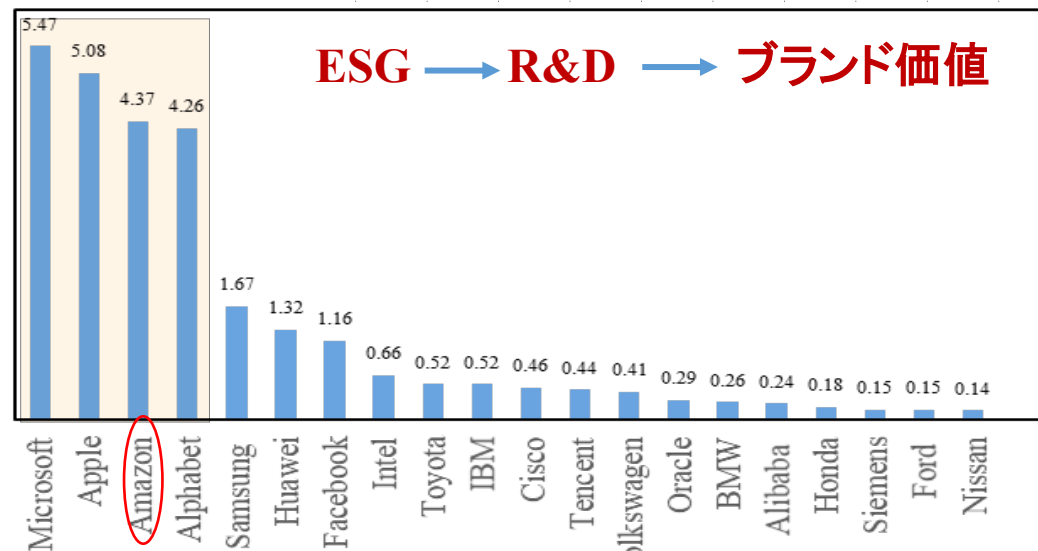
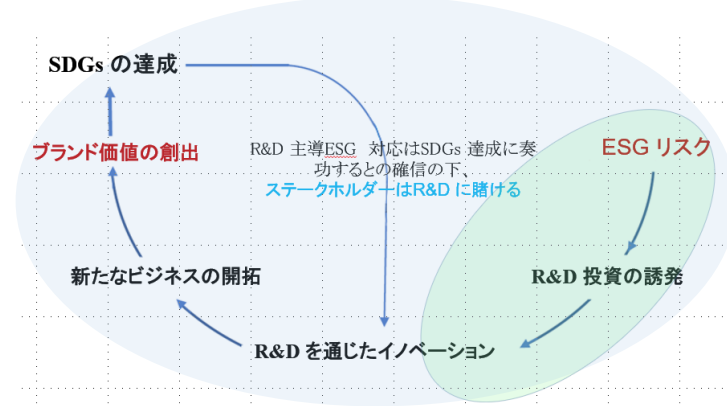
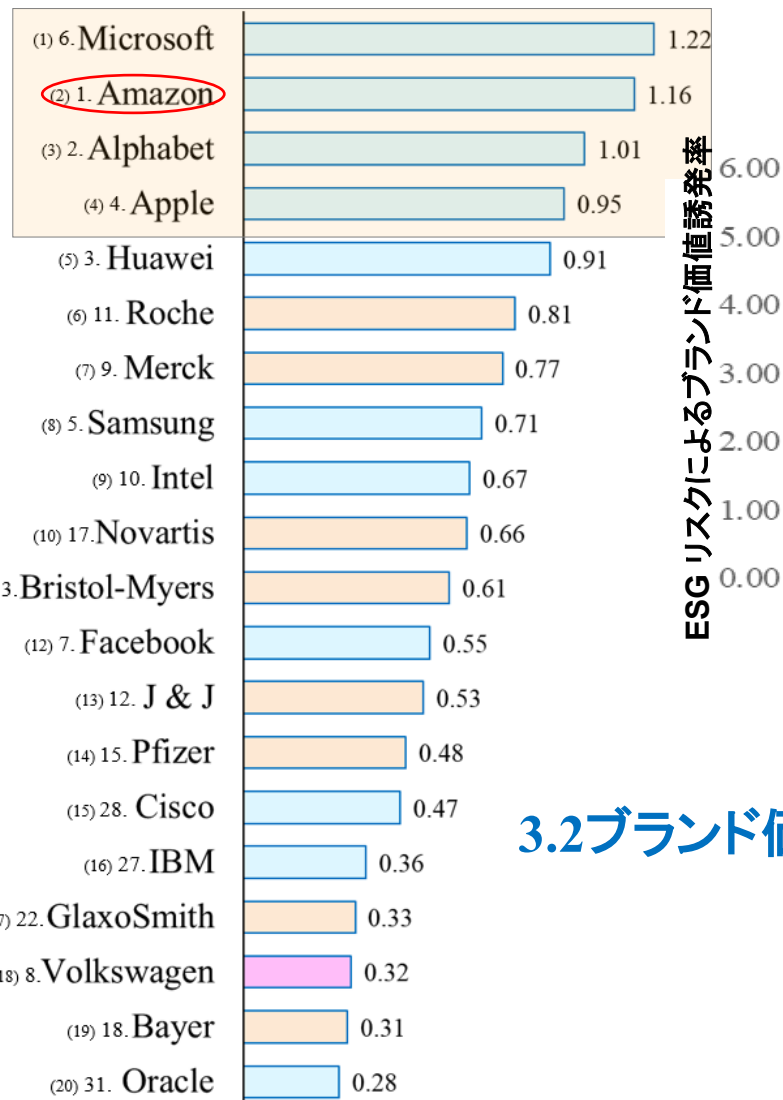


図 4. ESG リスクのブランド価値 誘発率 (2020).

3.2 ブランド価値のR&D 誘発

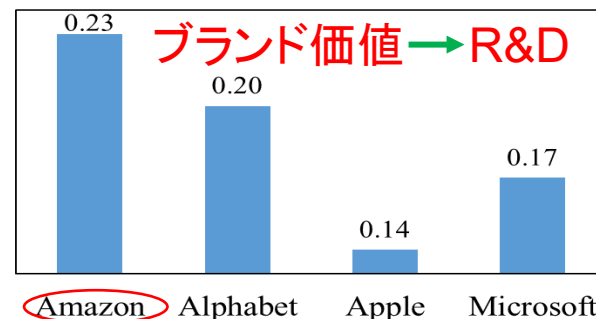
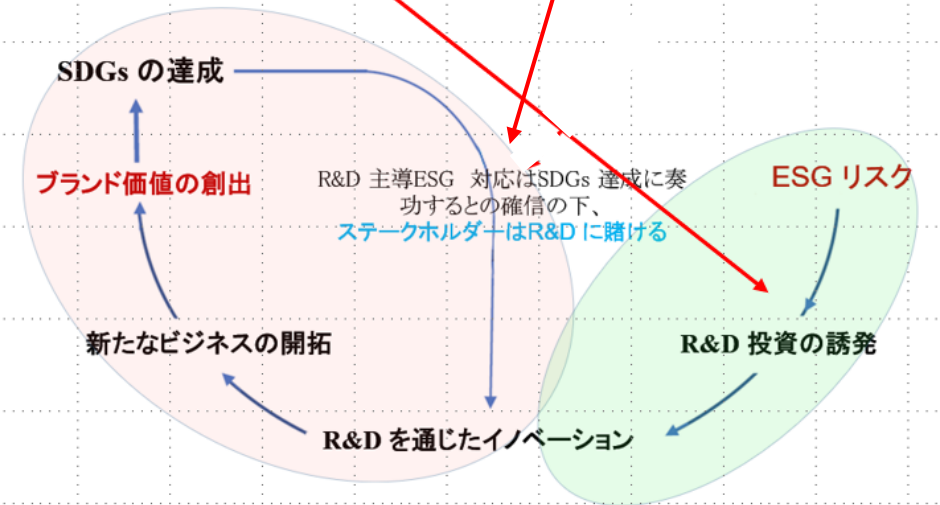


図 5. ブランド価値の R&D 誘発率 (2020).

図 3. ESG リスクのR&D 誘発率 (2020).

3.3 4 R&D リーダーのESG リスク・ブランド価値のR&D投資誘発率 (2020)

	ESG リスクの R&D 誘発率	ブランド価値の R&D 誘発率
Amazon	1.162	0.233
Alphabet	1.013	0.201
Apple	0.954	0.142
Microsoft	1.220	0.170



4. 注目すべき知見

4.1 4リーダーのESGリスク対応の好対照

表 1 4リーダーのESGリスク対応 (2020) - US\$ bil

ESGリスクのR&D 誘発率

ブランド価値のR&D 誘発率

	ESG リスク	<i>MIER</i>	時価総額*	売上	ブランド価値	純利益	総還元性向 (TPR**)	R&D	ステークホルダー資本主義進展度***	<i>MIBR</i>
アマゾン	30.9	1.16	1,711.8	386.1	220.8	21.3	0(0)	42.7	40.6	0.23
アルファベット	22.9	1.01	1,538.9	182.5	159.7	40.3	31.0 (77%)	27.6	27.2	0.20
アップル	17.2	0.95	2,252.3	274.5	140.5	57.3	86.7 (151%)	19.5	14.9	0.15
マイクロソフト	13.3	1.22	1,966.6	143.0	117.1	44.3	31.9 (72%)	19.3	22.4	0.16

*May 2021, ** Total propensity reduce, ***Price free cash ratio (MC/FCF): average 2015-2020.

ESGリスクのR&D 誘発率

総還元性向

ステークホルダー資本主義進展度

ブランド価値のR&D誘発率

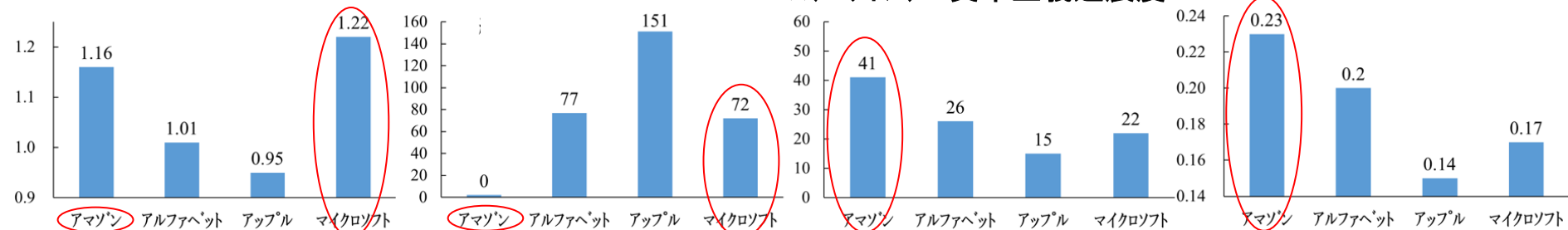


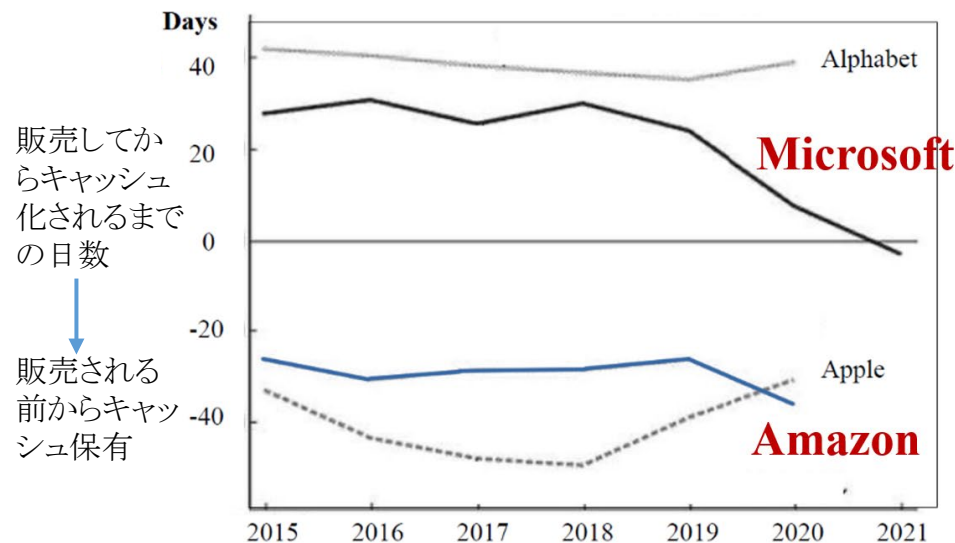
図 6.4 R&D リーダーのESGリスク対応 構造.

4.2 アマゾンとマイクロソフトのの好対照

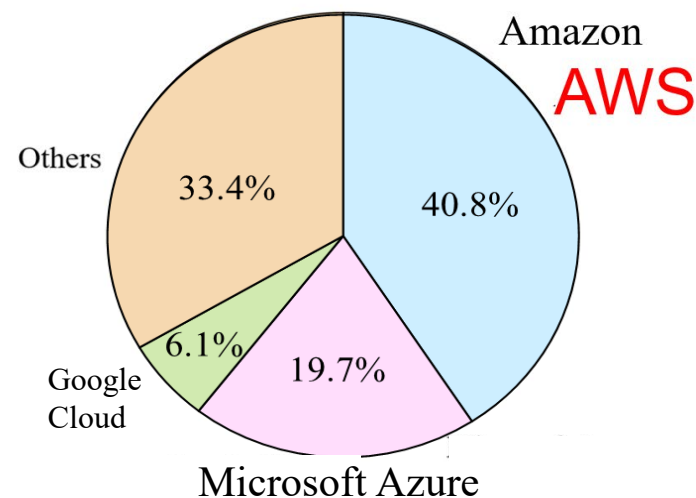
表 2 アマゾン・マイクロソフトのビジネス原理

	アマゾン	マイクロソフト
ESG リスク体質	1. e コマース主導企業故、高 ESG リスク	1. ソフトウェア・クラウドサービス主導企業故、低 ESG リスク
優先配慮対象	2. R&D 主導の顧客第一企業 クラウド	2. テクノロジーファースト企業 クラウド
戦略決定指標	3. 顧客反応。 ユーザー主導イノベーション	3. 主にテクノロジーに基づいて決定
企業資本主義	4. ステークホルダー資本主義 を主導	4. 株主資本主義に依拠
気候変動対応	5. 2019 年 9 月に気候イニシアチブを開始	5. 2020 年 12 月に気候イニシアチブに参加

4社のCCCの推移 (2015-2021)



クラウドインフラの市場シェア (2020)



資料: Gartner (2021).

図 7. アマゾンの突出したキャッシュ・コンバージョン・サイクル (CCC)、クラウドサービス。

4.3 アマゾンモデルの啓発

(1) 4重フィードバックサイクル

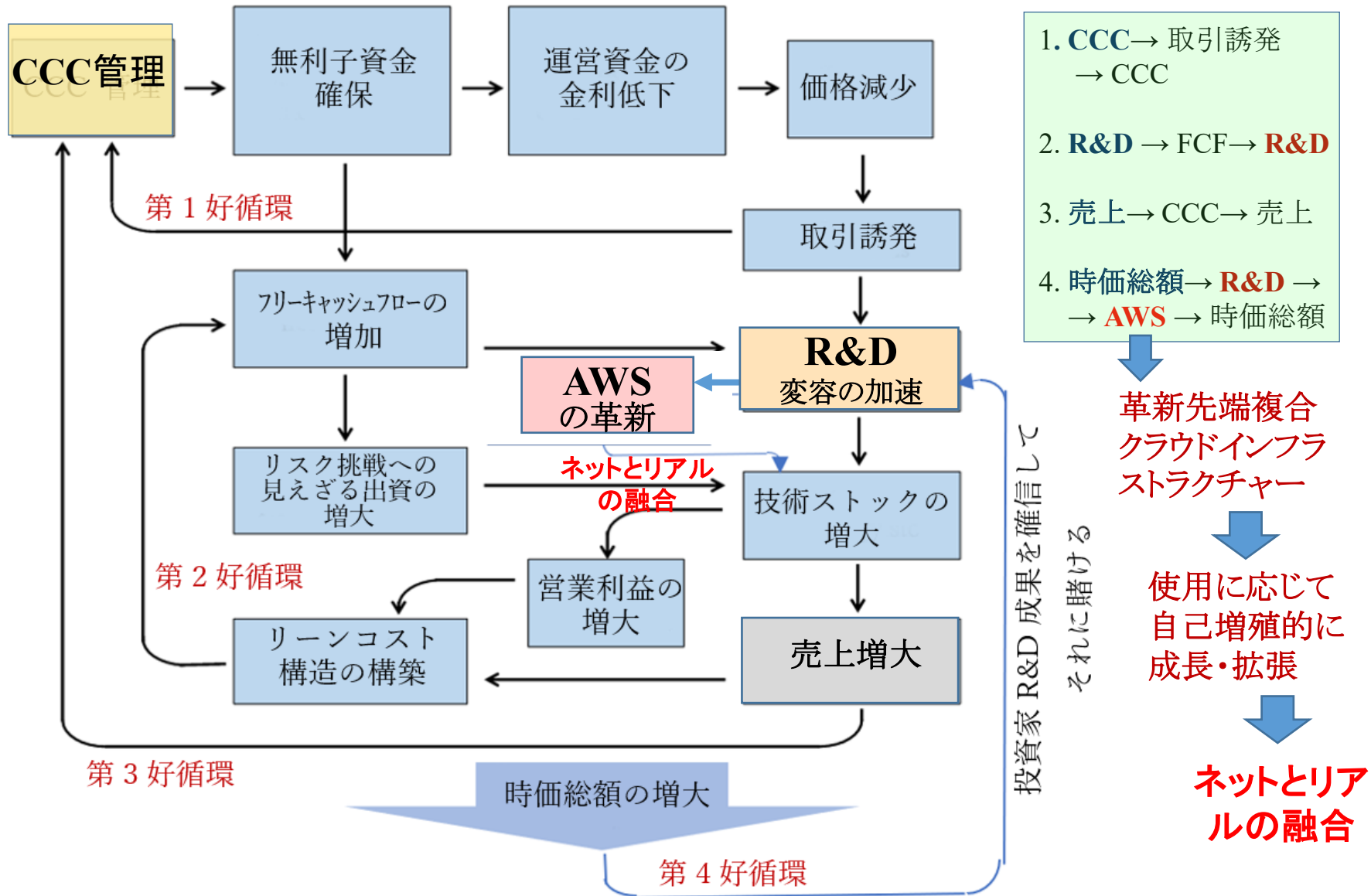
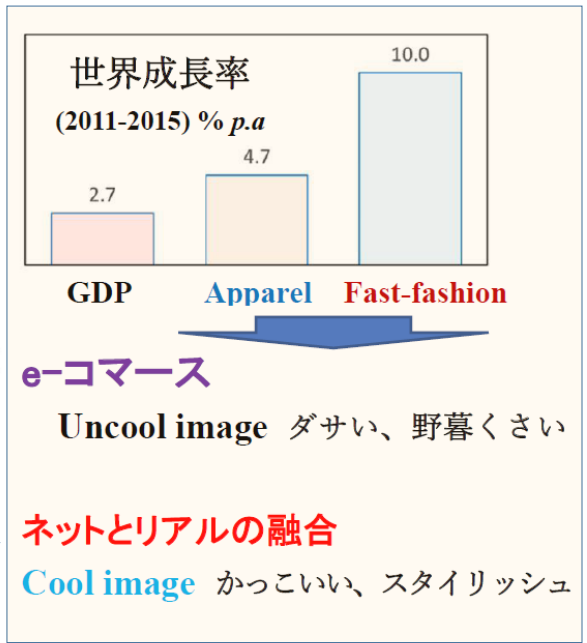
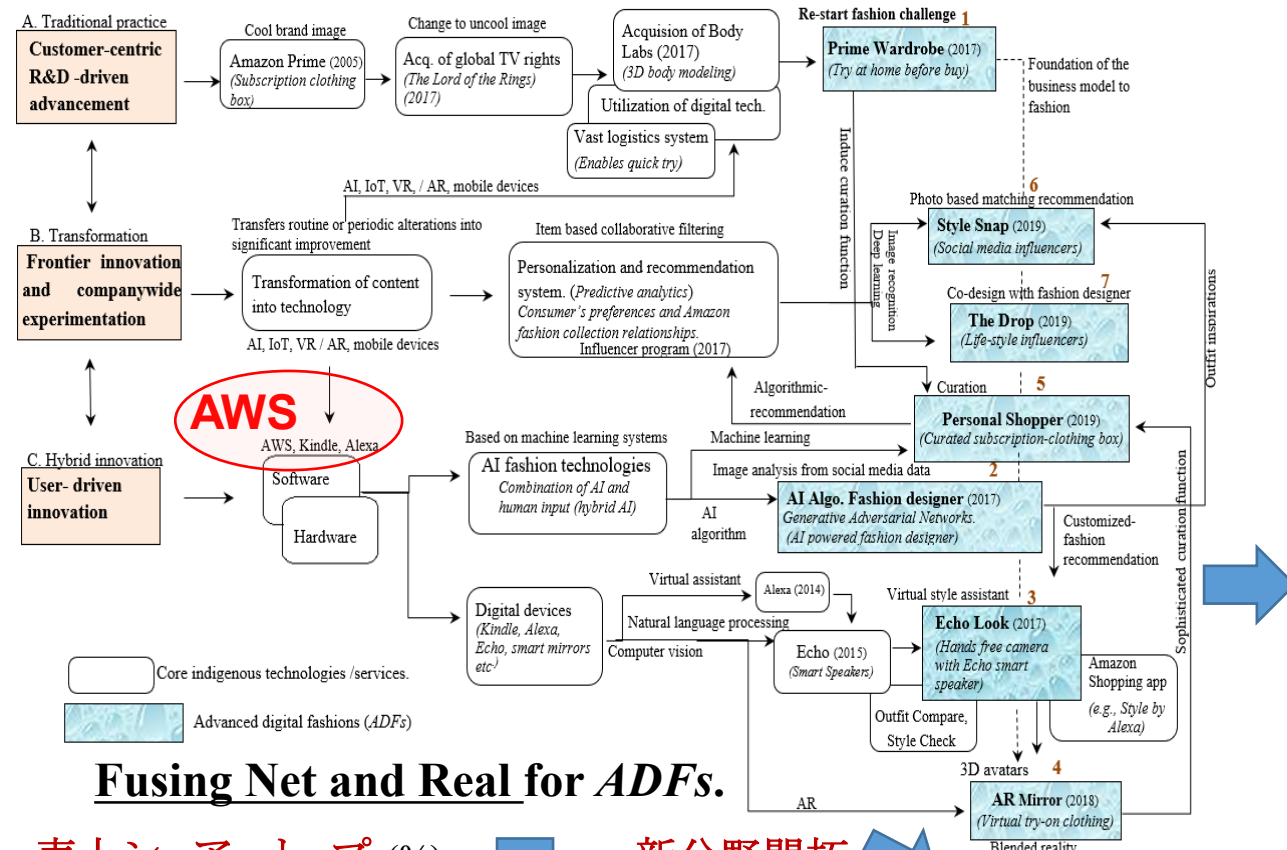


図 8. アマゾンの4重好循環構造.

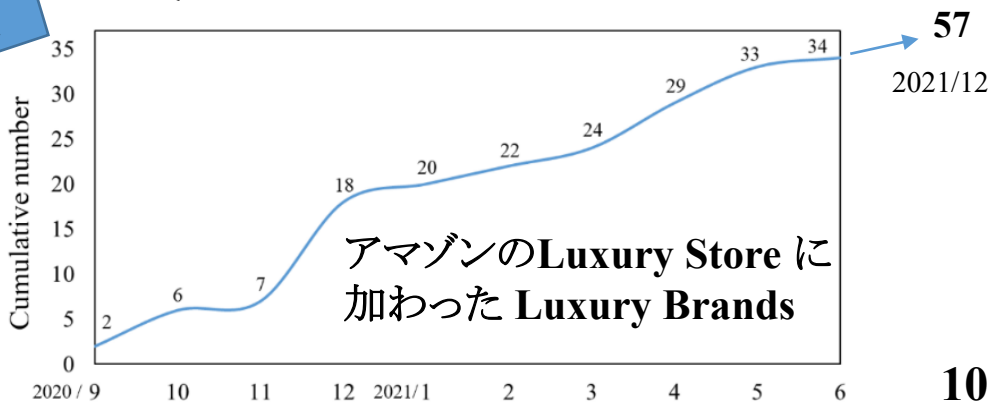
Fusing Net and Real for Advanced Digital Fashions (ADFs) Emergence



Fusing Net and Real for ADFs.

売上シェアトップ (%) ↓ 新分野開拓

Product category	2016	2017	2018
Apparel	13.1	22.1	19.2
Electronics	19.0	17.0	14.5
Books	14.1	13.0	11.9
Others	53.8	47.9	54.4
Total	100	100	100



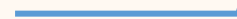
ネットとリアル融合



脱炭素への業種・業態を超えた
分野横断的なアプローチ

アパレル業界を震撼

異業種がアパレルの産業構造を変える



将来の競合は ZARA より GAFA



デジタル人材を核に衣料品の収益モデルを変え、IT 大手に対抗

年収10億円で人材をスカウト

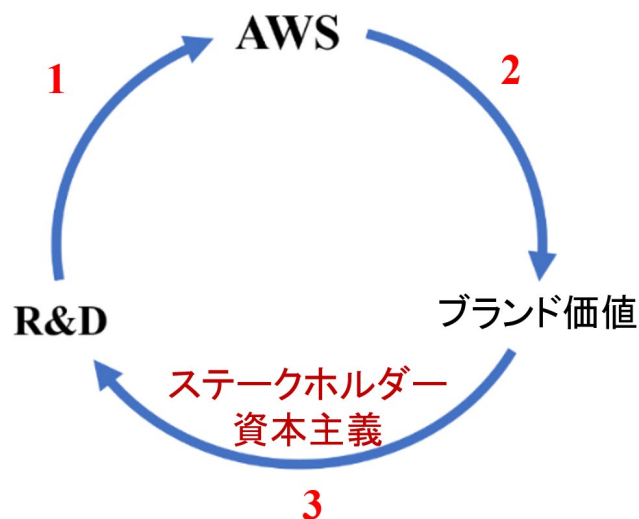
(2) R&D, AWS, ブランド価値の共進

表 3 R&D, AWS, ブランド価値の共進構造

$\ln Y = a + b \ln X + c D$ where X, Y : R&D, AWS, and BV; D : Dummy variable.

	X to Y	a	b	c	$adj.R^2$	DW	Dummy
1	R&D to AWS	-4.64 (-56.78)	1.44 (159.46)		0.999	2.53	
2	AWS to BV	-1.20 (-6.12)	0.60 (26.00)		0.983	1.53	
3	BV to R&D	-2.28 (-21.96)	1.16 (41.10)	-0.27 (-3.35)	0.993	2.18	2008, 2019, 2020 = 1, others = 0.

Figures in parentheses are t-statistics: all are significant at the 1% level.



AWS は R&D の結晶で、
ブランド価値 (BV) を創出し、
R&D 投資を慫慂し、
3者の共進を推進

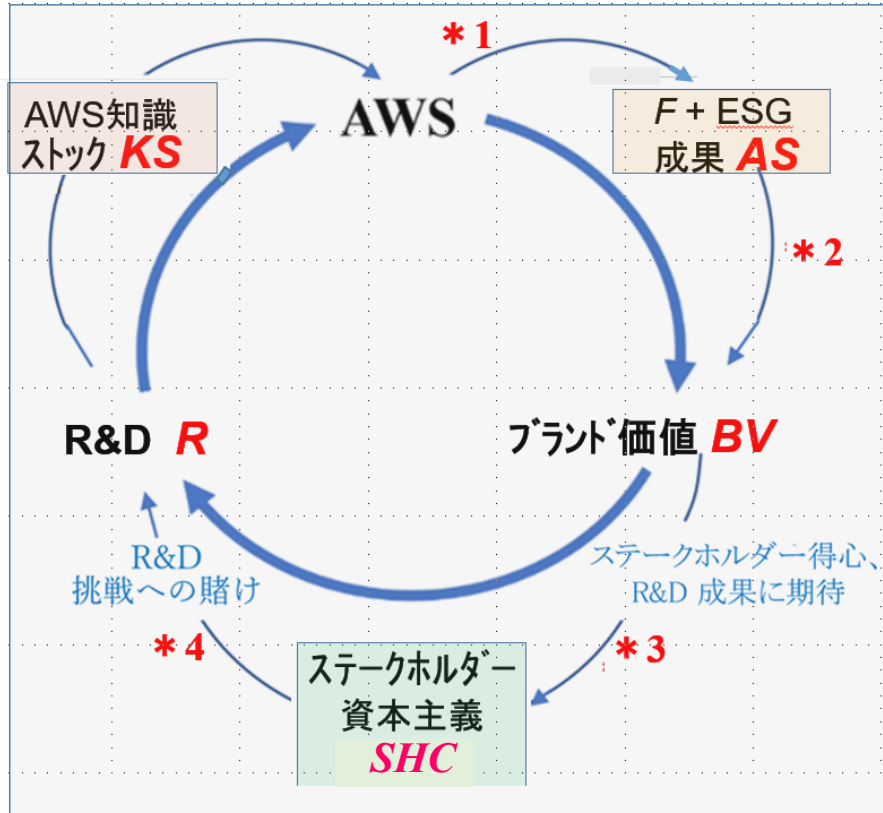
図 9. R&D, AWS, ブランド価値の共進構造.

(3) R&D 誘発ダイナミズム

AWSストック (**KS**) は先端デジタルファッションを生み、
アパレル売り上げ (**AS**) を増大し、ブランド価値 (**BV**) を上昇

AWSストック アパレル売上 ブランド価値 ステークホルダー資本主義 R&D

$KS \rightarrow AS \rightarrow BV \rightarrow PFCR \rightarrow R$



$$*1 \ln AS = a + b \ln KS + c D$$

a	b	c	$adj.R^2$	DW
0.904	1.030	0.613	0.944	1.26
(6.90)	(14.72)	(3.87)		

$D: 2012-2015, 2017=1$

$$*2 \ln BV = a + b \ln AS$$

a	b	$adj.R^2$	DW
1.236	1.015	0.978	1.69
(11.25)	(24.19)		

$$*3 \ln SHC = a + b \ln BV + c \ln FCF$$

a	b	c	$adj.R^2$	DW
1.624	0.904	-0.837	0.944	2.33
(9.10)	(14.13)	(-13.89)		

$$*4 \ln R = a + b \ln SHC + c \ln FCF + d D$$

a	b	c	d	$adj.R^2$	DW
-3.530	1.009	1.059	0.440	0.986	2.42
(-11.35)	(11.67)	(28.35)	(3.51)		

$D: 2012-2015, 2017=1$

R&D jump

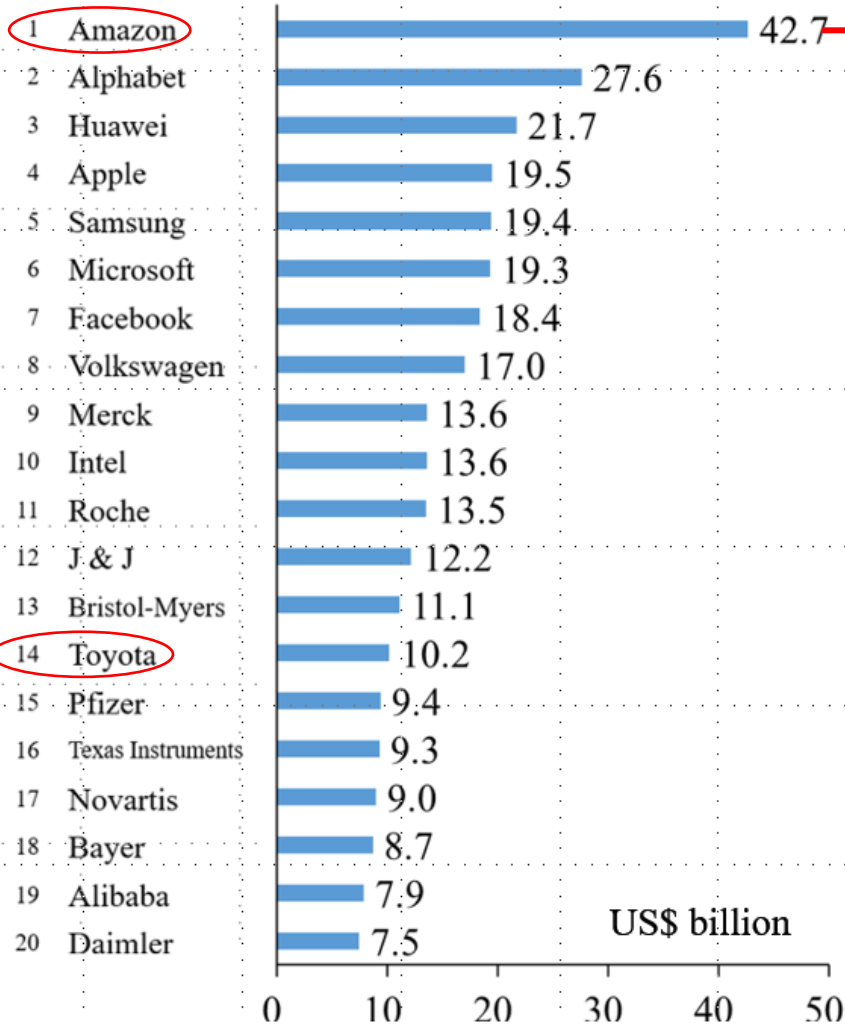
Fusing Net and Real

ブランド価値の上昇 **BV** は、ステークホルダーの R&D 威力認識 **SHC** を高め、得心したステークホルダー **SHC** は、アマゾンに R&D 挑戦 **R** に賭けるよう慫慂

図 10. ステークホルダー資本主義による R&D 誘発ダイナミズム.

アマゾンの R&D 主導ESGイニシアティブ

Top 20 R&D Leaders (2020)



Amazon (2001-2021)

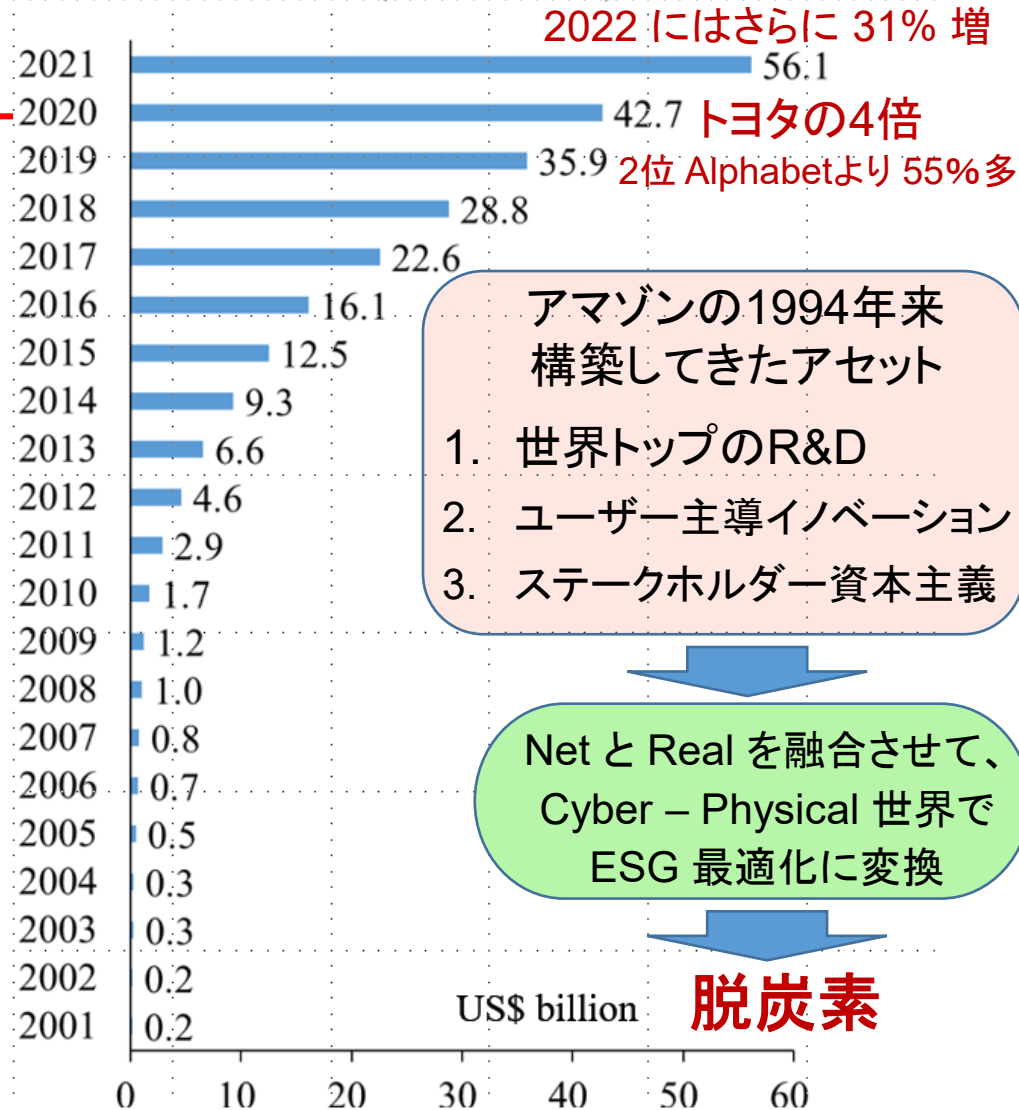


図 11. アマゾンの瞠目すべきR&D.

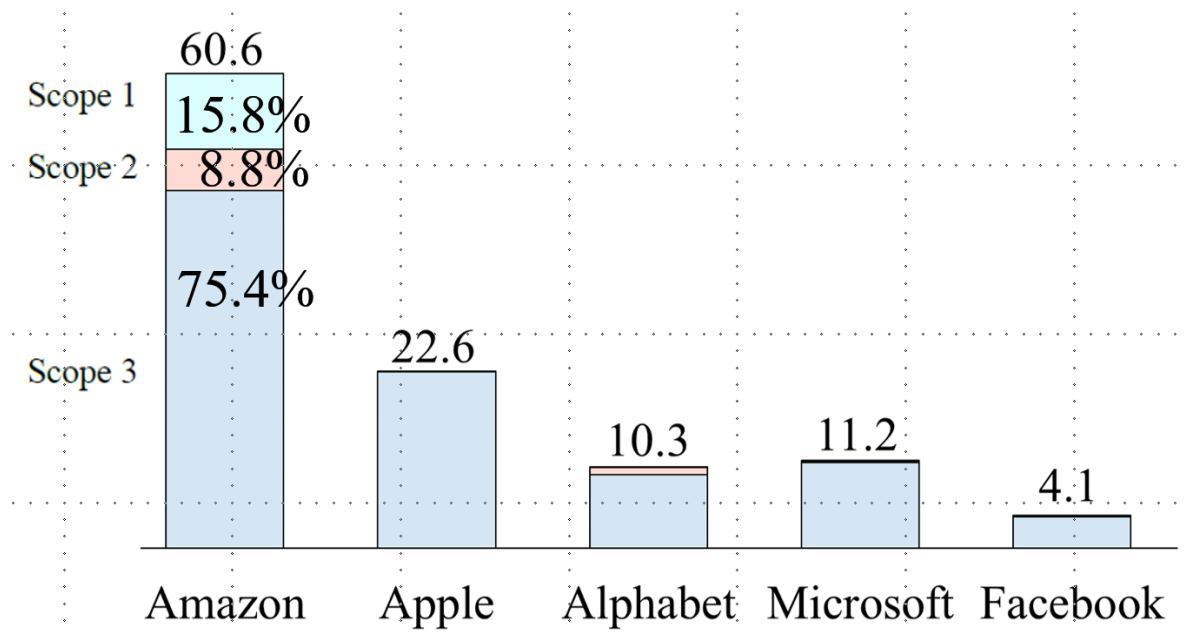
II. 脱炭素戦略に昇華するシステム卓越性

1. GAFAM のカーボンニュートラル戦略

1.1 カーボンニュートラル戦略

アマゾン 脱炭素2040 Amazon Sustainability	1. Net zero carbon by 2040 2. 100 % renewable energy by 2025 3. Shipment zero by 2030 (50% of all shipments net zero carbon) 4. 100,000 EV by 2030. Reforestation 5. The Climate Pledge (reporting and collaboration) 2 \$ bil. R&D	世界トップ R&D に立脚するAWS 主導の Cyber と Physical の共進によって バリューチェーン総体を再構築 ヒト、モノ、エネルギーをAI, EV REに代替 Reforestation で不可避分を相殺 次世代 R&Dで盤石の備え Partnershipで上下流も啓発
グーグル	1. Carbon-free energy by 2030 2. Pursuing new carbon-free energy/storage technologies 3. Use recycled-materials for all products from 2022 4. Reforestation and better tree data 5. Google for Startups Accelerator (worldwide startups and training)	
アップル	1. Carbon neutral by 2030 2. 100% renewable energy by 2030 3. Closed loop, recycling 4. Invest in forests and natural ecosystems 5. Climate action principle (foundation for sustainable growth)	メニューは 金太郎飴 Carbon negative < Net zero carbon < Carbon neutral Renewable (RE) EV Forest 違いは、シス テム卓越性
マイクロソフト	1. Carbon negative by 2030 Remove more carbon than emitted by 2050 2. 100% renewable energy by 2025 3. Forestation, soil carbon sequestration, bioenergy 4. AI for Earth for carbon monitoring and modeling (carbon math). 1 \$ bil. R&D 5. 7 principles (Science, new tech., public policy, transparency, CFP, customer, employees)	

1.2 GAFAM の地球温暖化ガス排出量 (2020) (mil. tons CO2 equivalent)



Japan 1027

GAFAM

Amazon 60.6

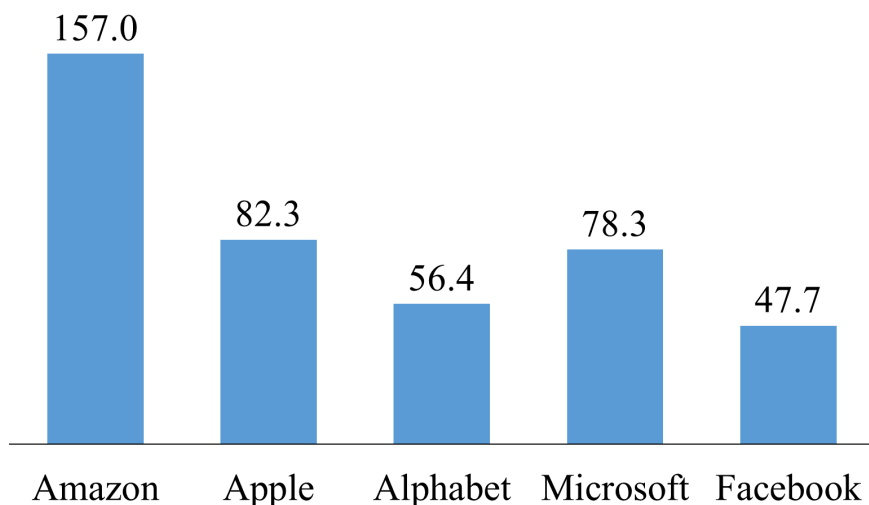
Apple 22.6

Alphabet 10.3

Microsoft 11.2

Facebook 4.1

1.3 売り上げ当たり地球温暖化ガス排出量 (2020) (g of CO2 e per \$ of sales)



アマゾン、その業態に照らして突出
3/4 は上流・下流の Scope 3

	売上 (10 億 \$)	売り上げ当たり排出量 (g/\$)	CO ₂ 排出量 (100 万トン)
Amazon	386.1	157.0	60.6
Apple	274.5	82.3	22.6
Microsoft	143.0	78.3	11.2
Amazon/Apple	1.41	1.91	2.68
Amazon/Microsoft	2.70	2.00	5.41

1.4 アマゾンの炭素排出量 (2018-2020)

¾ のScope 3
の対応が本質
炭素強度は着
実に改善

CO ₂ 100 万トン	2018	2019	2020
自らによる直接排出 (Scope 1)	4.98	5.76	9.62
化石燃料	4.70	5.57	9.37
冷 媒	0.28	0.19	0.25
購入電力からの排出 (Scope 2)	4.71	5.50	5.27
事業活動に関連する他者の排出 (Scope 3)	34.71	39.91	45.75
・購入した製品・サービス *1	11.95	15.41	16.70
資本財 *2	4.64	8.01	10.52
その他の間接排出 *3	13.89	12.44	15.77
・実店舗来訪 *4	4.23	4.05	2.77
総 排 出 量	44.40	51.17	60.64
炭素強度 (g of CO ₂ e per \$ of GMS)	128.9	122.8	102.7

*1 自社が購入したサービスや、アマゾンブランドの製品の製造・使用・廃棄に伴う排出

*2 建物、車両、サーバー、機器の建設・製造から発生する排出

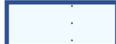
*3 サードパーティの輸送、梱包、上流のエネルギー関連から発生する排出

*4 アマゾン実店舗来訪に付随する排出

フィンランド (2018)
44.36

アマゾンの炭素排出量報告のバウンダリ

	原料調達・前工程	製 造	輸 送	販 売 (マーケットプレイスでの取引)	輸 送	製 品 用	廃 棄
自社ブランド製品							
サードパーティ製品							
同上輸送用梱包材							

 Scope 1, 2
  Scope 3
 現在はバウンダリ外

2. アマゾンのカーボンニュートラル戦略（脱炭素2040）への足跡

2.1 2019 September 20

アマゾン環境擁護従業員 (AECJ: Amazon Employees for Climate Justice)
3500人の環境対策要求デモ

Jeff Bezos CEO は

嘘つき
秘密主義
環境軽視

1. Shipment zero 不十分
2. AWSの石油・ガスへの販売停止 (囚人のジレンマ)
3. 反環境規制派へのロビー 活動禁止
(気候法反対議員、Competitive Enterprise Inst.)
4. 植林オフセット (気候難民)
5. 反環境出版物陳列

2.2 2019 September 19

Jeff Bezos CEO 機先を制して対抗策を提示

**This just one of the many steps we're taking
that will help us meet our Climate Pledge.**

The Climate Pledge

- 1. Carbon elimination**
- 2. Regular reporting**
- 3. Credible offsets**

2.0 \$ bil. fund for **new innovation**
(**Climate Pledge Fund**)

0.1 \$ bil. fund for **reforestation**
(**Right Now Climate Fund**)

2.3 環境誓約に至る足跡

「沈黙の春」(1962) 来、地球環境問題への関心が内在 → 市民社会の成長と共に環境擁護に昇華

2018	環境擁護従業員 (AECJ: Amazon Employees for Climate Justice) 総合環境対策計画策定を提起
2019	
2.18	Shipment Zero 発表 (2030 までに全出荷の 50% を炭素ゼロ)
4.10	3,500 の AECJ Shipment Zero は不十分として、強化を求める書簡を公表
5.22	7,500 の AECJ 株主権を駆使して総合環境対策計画の策定を提起するも拒絶
8.18	Business Round Table Stakeholder Capitalization 宣言 (Amazon も署名)
9.20	3,500 の AECJ 環境対策要求デモを計画

9.19 The Climate Pledge 発表 → 脱炭素 2040 の体系化

2020 9	The Climate Pledge 署名者 10 社
2021 4	The Climate Pledge 署名者 100 社
2021 11	The Climate Pledge 署名者 200 社

2021 末時点

20か国 27業種 217社 年間売上 2 兆ドル
従業員数 750 万人

cf. アマゾン売上 0.39 (2020), 0.47 (2021) 兆ドル
正社員 133.5 万人 (2021/6)

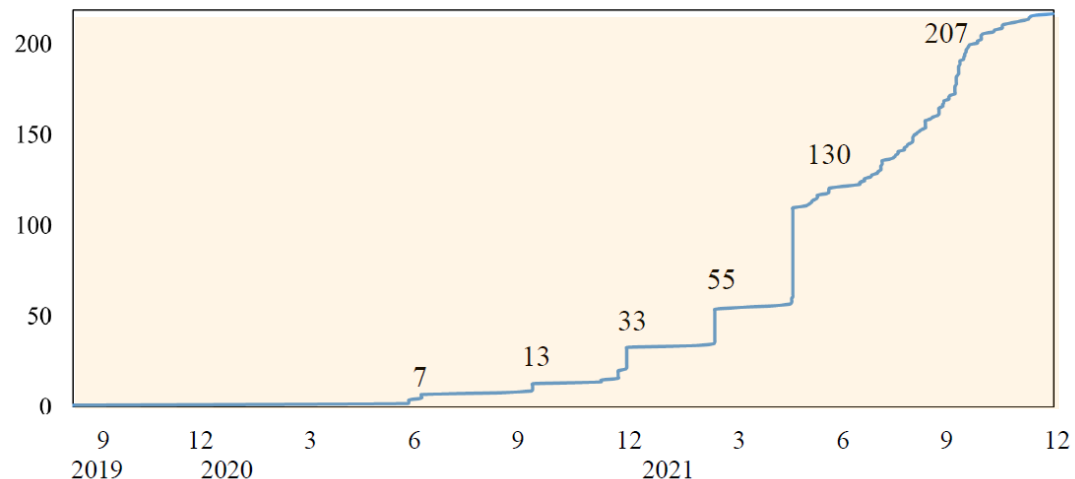
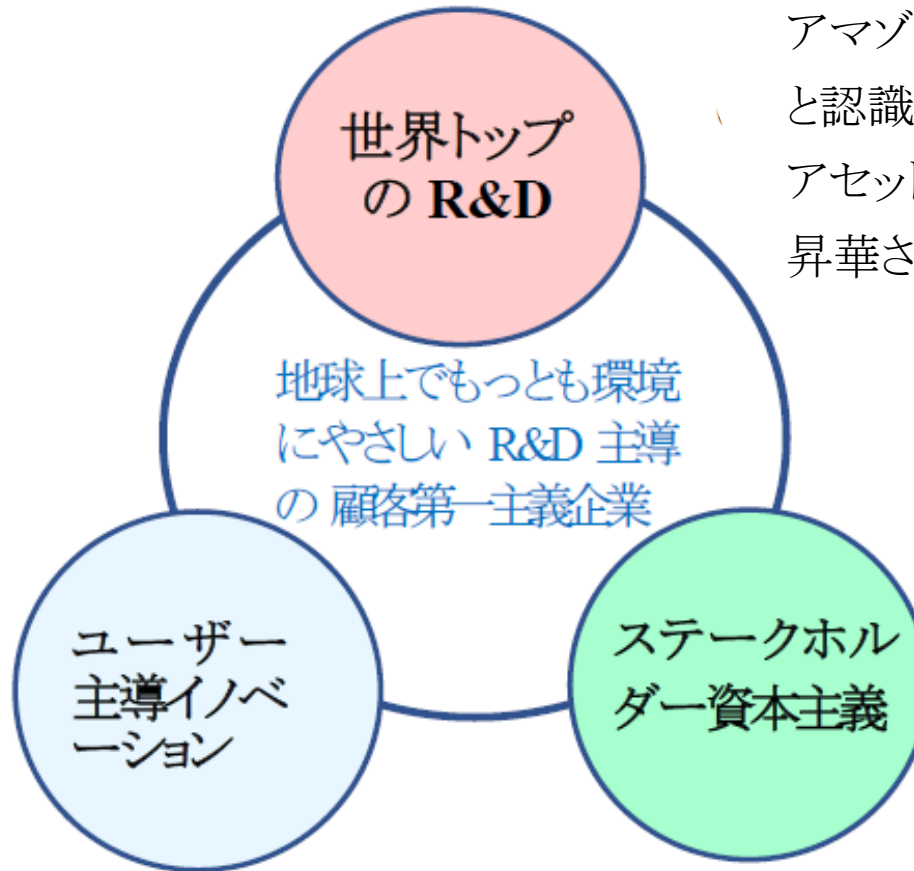


図 12. 環境誓約参加企業数の推移 (2019.9 – 2021.12).

3. アマゾンの脱炭素総合戦略（脱炭素2040）

3.1 アセットの時代的デマンドへの効果的昇華



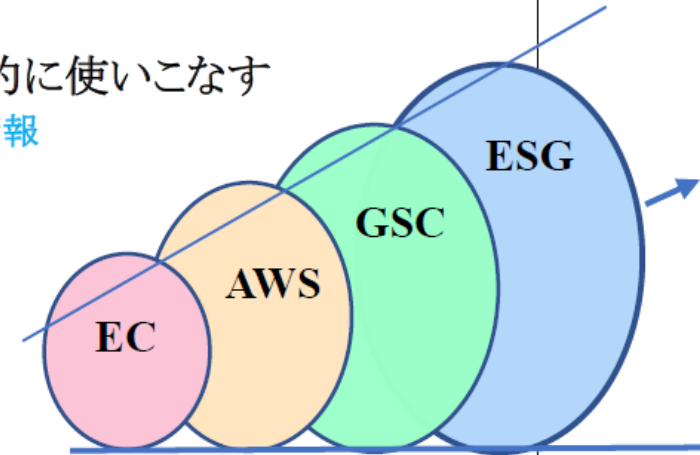
アマزونは、脱炭素を現下の最重要課題と認識して、1994年来営々と構築してきたアセットを時代的デマンドに最も効果的に昇華させる方策に腐心

図 13. アマゾンの基本ビジネス戦略.

3.2 脱炭素戦略の基本

– ビジネスモデル変容の基本に則り対処

1. 時代的デマンドを反映して、**Cyber-Physical** 世界での最適化を主眼に、ビジネスを脱皮・革新
EC (e-commerce) → AWS (クラウドインフラサービス) → GSC (Global supply chain) → ESG business
2. 先行事業のために投資したアセット・培ったノウハウを徹底的に使いこなす
Learning orchestration サーバーシステム・AWS・物流システム・顧客情報
3. ユーザーとの共創関係を構築
CSV (Creating Shared Value)
4. AWS の学習・成長・拡張機能を徹底追及
5. 最先端の技術に野心的に挑戦、ステークホルダーがそれを懲慥
Stakeholder capitalization
6. 2019 年 9 月の「環境誓約」(The Climate Pledge) に体系化 (脱炭素・定期報告・オフセット)
積年の環境擁護従業員の問題提起が結実 (Stakeholder capitalization ベース カーボンニュートラル の基盤)



3.3 脱炭素戦略の構成

3.3.1 ビジネスの脱皮・革新

- (1) バリューチェーン総体の再構築
- (2) サプライチェーンの刷新

3.3.2 ユーザーとの共創

- (1) 地域コミュニティとのCSVの構築
- (2) カーボンニュートラル認証の徹底

3.3.3 AWSの革新・次世代 R&D への挑戦

- (1) AWSの革新
- (2) 次世代R&D への挑戦

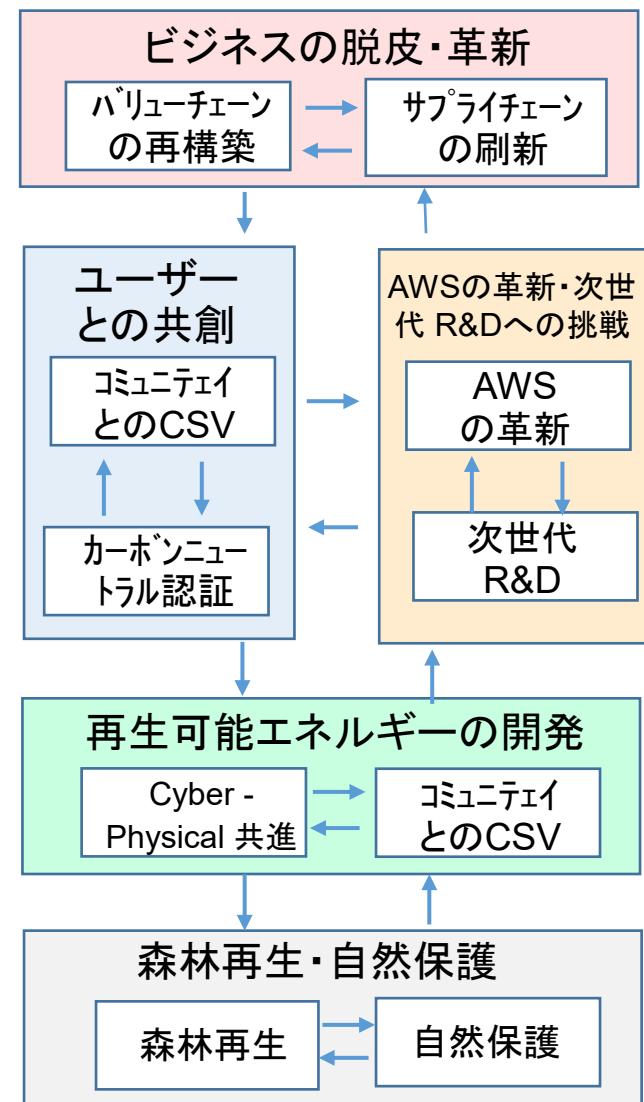
3.3.4 再生可能エネルギー開発

- (1) AWS主導のCyber-Physical 共進
- (2) 地域コミュニティとの高度CSV の確立

3.3.5 森林再生・自然保護 – オフセット

- (1) 森林再生 – Right Now Climate Fund
- (2) 自然保護 – Bezos Earth Fund

ステークホルダーの一丸となった取り組み



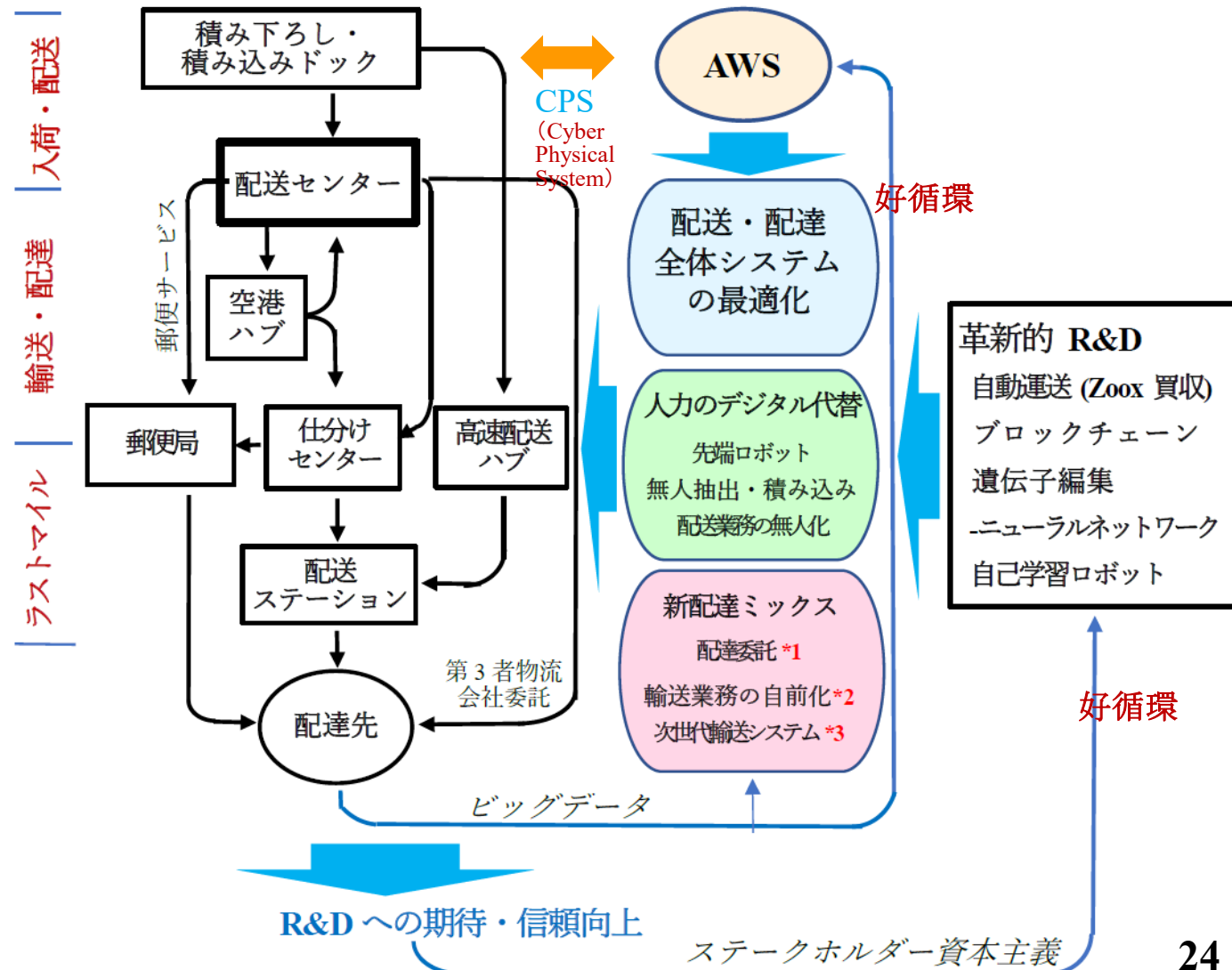
3.3.1 ビジネスの脱皮・革新

(1) バリューチェーン総体の再構築

グローバル サプライチェーン ビジネス

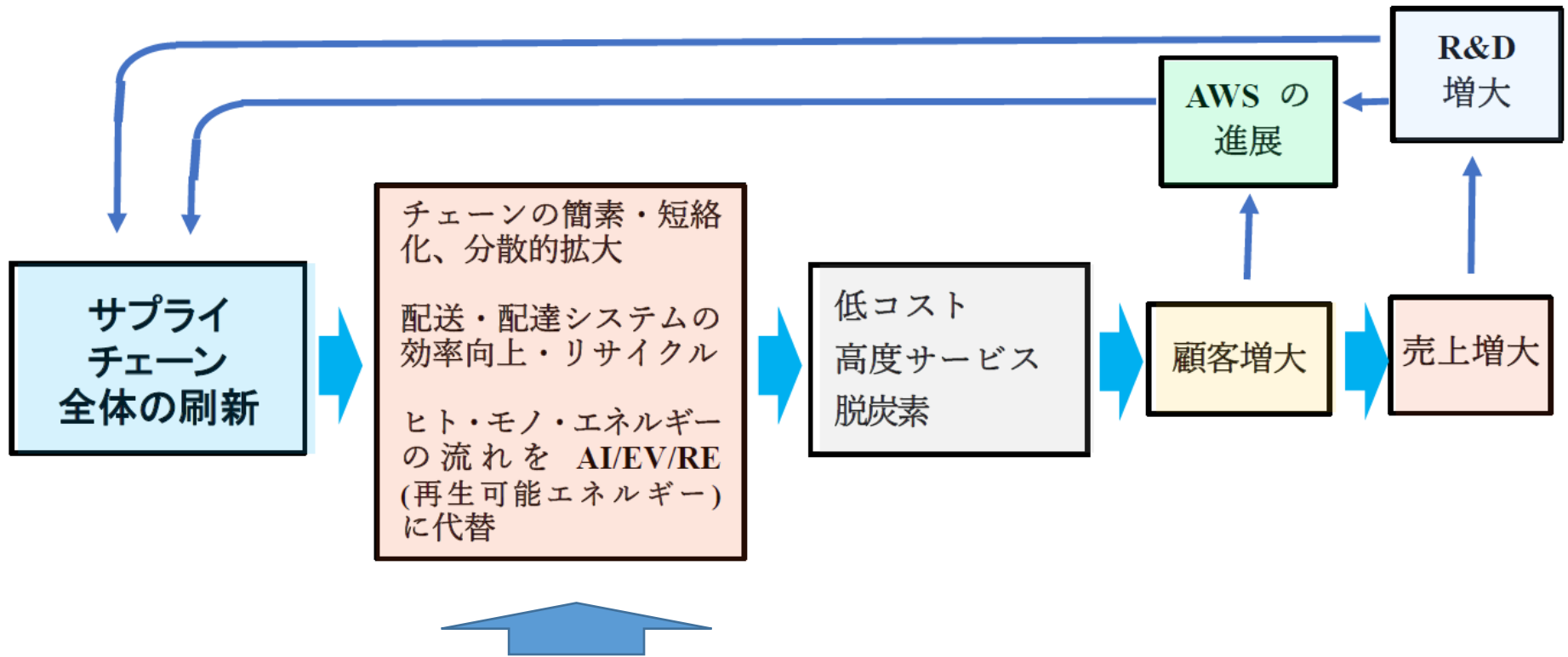
AWS 主導ロジスティックス

次世代 R&D



1. R&D, ユーザー主導イノベーション、ステークホルダー資本主義の**アセット**を礎に、
2. CPS によって、物流世界とAWS 主導サイバー世界の**好循環**を創り、**全体最適化**を主眼に、
3. AWSの革新、次世代R&Dへの挑戦の**好循環**を構築して、
4. R&D, キャッシュ、雇用、データを**確保**しつつ、
5. **バリューチェーン総体**を再構築
6. **サプライチェーンの刷新**がトリガー

(2) サプライチェーンの刷新



*1 Amazon Flex (一般個人に宅配業務委託)
Amazon Delivery Service Partner (専用配達会社起業)

*2 輸送業務の自前化(脱宅配便)と機能拡充
Relay (自前の高速トラック)
Amazon One (自前の輸送機)

RIT(EV スタートアップリヴィアンへの出資) 2030 までに10万台EV化
NVOCC (非船舶運航業者の事業承認取得)

*3 Prime Air (ドローンを活用した宅配サービス)

3.3.2 ユーザーとの共創

(1) 地域コミュニティとの CSV の構築

地域コミュニティとの共創関係 **CSV** (Creating Shared Value) を構築して、
再生可能エネルギーの開発 を促進

高度・高信頼性エネルギーの供給 → 安定した高度需要家の拡大 → 供給システムの安定 → 規模・範囲の経済の享受 → 得難いビッグデータの提供 (気象・天気・水文データ、需要履歴・パターン) → 供給システムの高度化 → 高度需要家の増大 → ビッグデータ、ローカル保守・点検・運用要員の提供 → **共創関係の構築**

(2) カーボンニュートラル認証

アマゾン気候誓約友好的イニシアティブ (Climate Pledge Friendly) を創出して、
e - コマース参加者へのカーボンニュートラル認証 を徹底

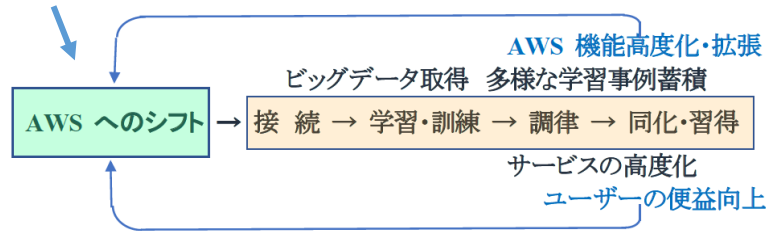
EC 参加者 (3rd party, 出店者) へのCN認証の徹底 The Climate Pledgeによる定期報告
アマゾン気候誓約友好的イニシアティブ (2020) → 低炭素製品が評価されるマーケットへの誘導
75,000 の製品に第3者認証を得て「**気候誓約フレンドリーラベル**」を表示して顧客の購買を誘導。
現在**31**の認証。

3.3.3 AWS の革新、次世代 R&D への挑戦

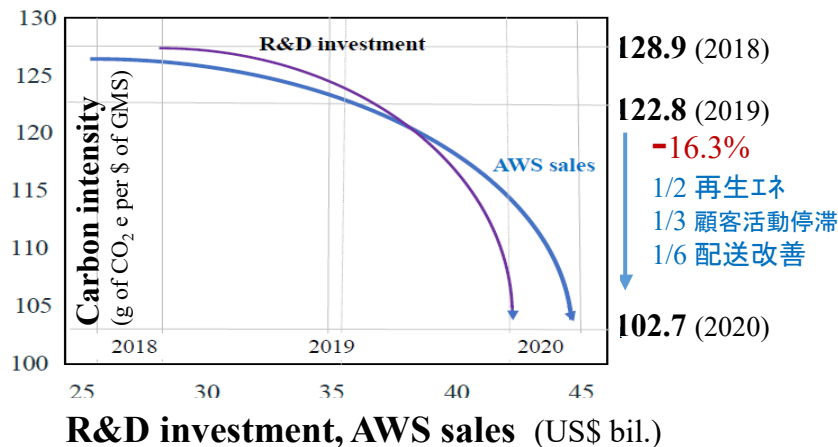
(1) AWS の革新

(i) 原理

オンプレミス



(ii) 効 能



(iii) ダイナミズム

1. 計算・解析
2. ネットワーク
3. コンテンツ
4. データベース
5. 管理

AWS

機能高度化・拡張

普及の加速・利用のさらなる拡大

AWS の普及・利用拡大

高度サービス提供

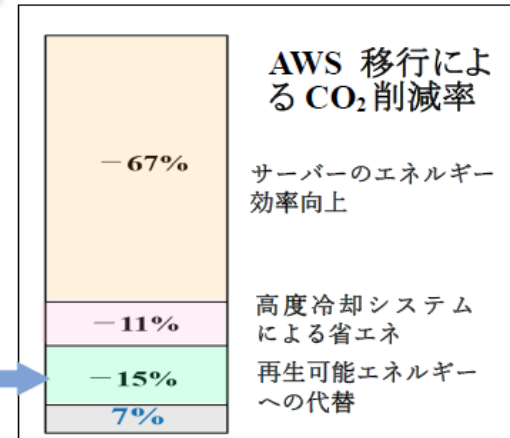
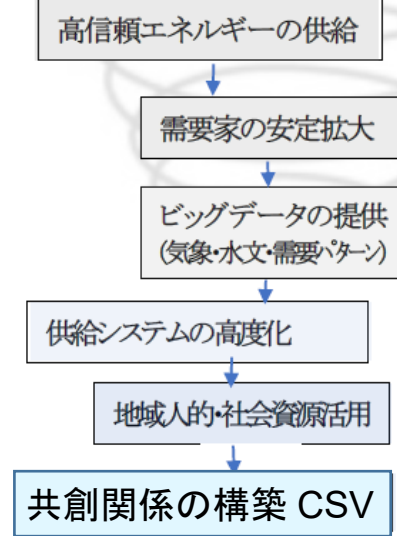
ユーザー

データ収集・学習蓄積

1. 構造効率
2. 稼働効率
3. システム管理効率
4. 潜在資源活用効率
5. DX 促進効率

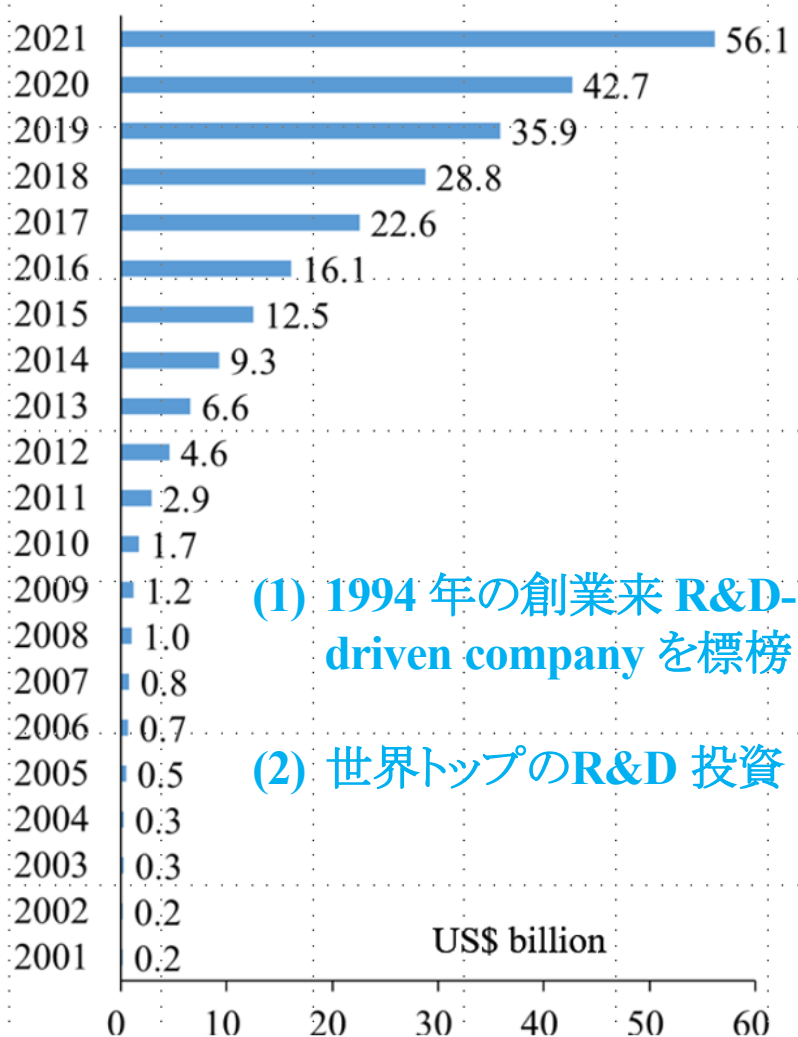
(iv) 共創関係の構築

再生エネ開発のコミュニティとのCSV



Source: AMS Institute (2021).

(2) 次世代 R&D への挑戦



(1) 1994 年の創業来 R&D-driven company を標榜

(2) 世界トップのR&D 投資

(3) ユニークなDX 戦略

- (i) Transforming routine or periodic alterations into significant improvement.
- (ii) Technology and content.
- (iii) Stakeholder capitalization.

(4) 次世代革新技術 Climate Pledge Fund (2.0 \$ bil.)

(i) サーキュラーエコミー

1. Redwood Materials

使用済みLi 回収技術

(ii) エネルギー生成・貯蔵・利用

2. Ion Energy

バッテリー充電・放電最適化ソフト

3. Turntide Technologies

高省エネモーター

4. Resilient Power

先進EV 充電技術

(iii) 食品・農業

5. Pachama

AI 付衛星画像利用C 回収観察

(iv) 製造・材料

6. Carbon Cure Technologies

CO2 注入隔離コンクリート

(v) 再生可能エネルギー

7. Infinium

再生可能電気燃料

(vi) 輸送・ロジスティクス

8. BETA Technologies

垂直離陸 eVTOL

9. Rivian

先進 EV

10. Zero Avia

水素航空燃料

11. CMC Machinery

カスタムサイズパッケージ設計製造

(5) 技術市場の担保

ファーストムーバー連合

革新的低炭素技術の購入を約束することによって、その市場を担保するプラットフォーム (2021)

3.3.4 再生可能エネルギー

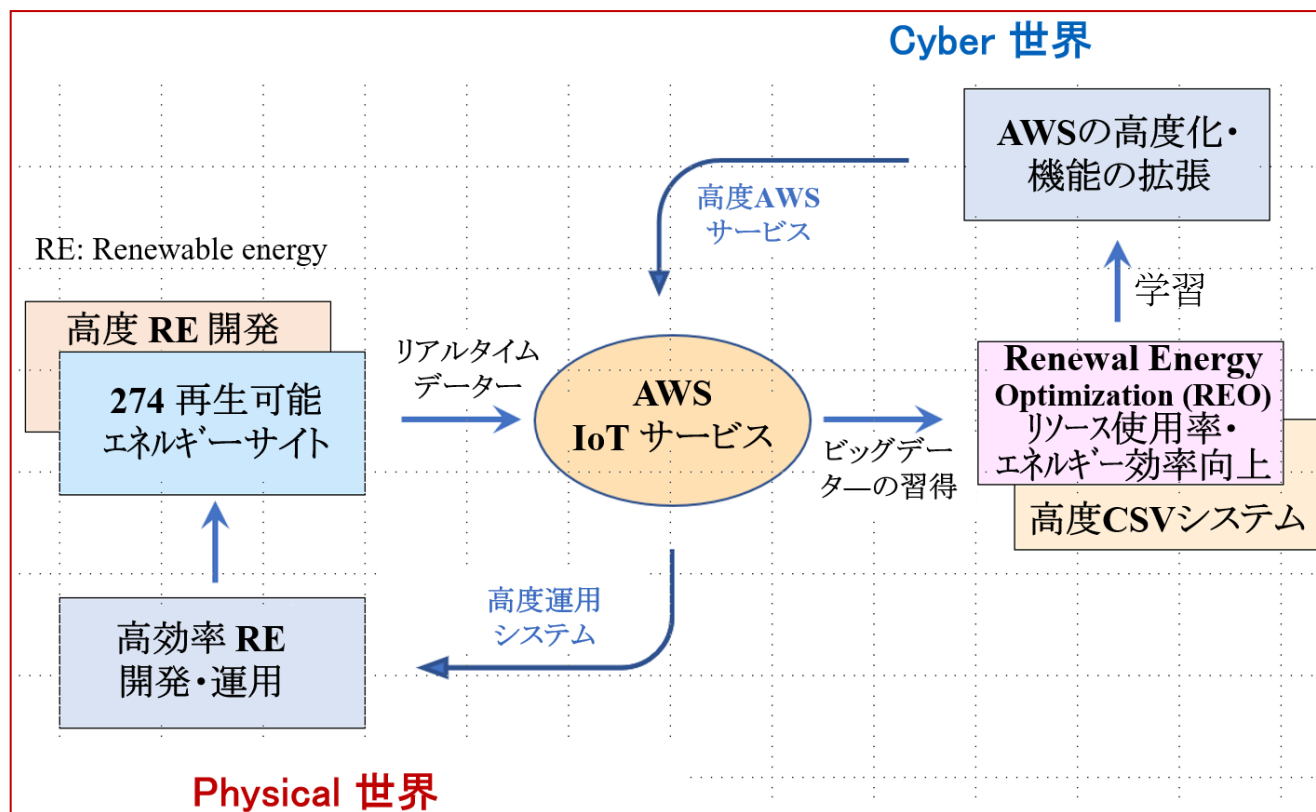
274 件 実用規模太陽光/風力 105
太陽光発電システム 169

2025までに

12 GW (現在 5.6)
33,700 GWh

1370 万トン CO₂削減
(2020 排出量の 1/4.4)

(1) AWS 主導の Cyber - Physical 共進



100 % by RE
アマゾンの使う
全エネルギー

バリューチェーン全体の
需給・財務の最適化
出力・収益最大化

(2) 地域コミュニティとの高度 CSV の確立 → p26

3.3.5 森林再生・自然保護 – オフセット

(1) 森林再生 – Right Now Climate Fund

The Climate Pledge (2019/9) 1 億ドル

- (i) 2020/4 米北東部小・中規模森林回復 1000 万ドル
- (ii) 2021/9 イタリア都市林業プログラム 2300 万ドル (2000 万ユーロ)

(2) 自然保護 – Bezos Earth Fund (2020/2)

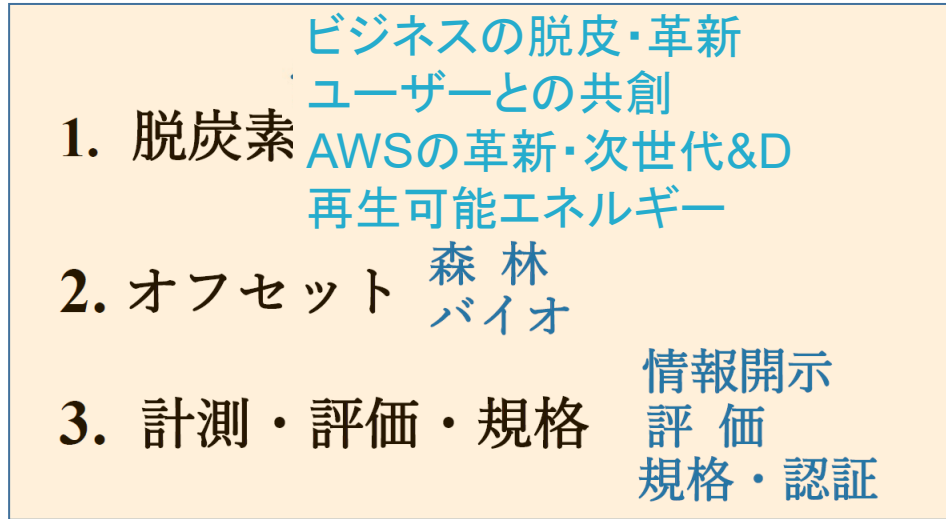
100 億ドル (2030 まで 10 億ドル x 10 年)

- (i) 2020: [Awarded \\$791 million in grants](#) to 16 organizations, including the World Wildlife Fund, the Natural Resources Defense Council and the Nature Conservancy.
- (ii) 2021: Create, expand, manage and monitor protected and conserved areas focusing on Central Africa's Congo Basin, the tropical Andes region and the tropical Pacific Ocean, all of which are key areas for biodiversity and carbon stocks, or the amount of carbon stored in things such as vegetation, soils and oceans.
- (iii) 2022: Landscape restoration and food system transportation.

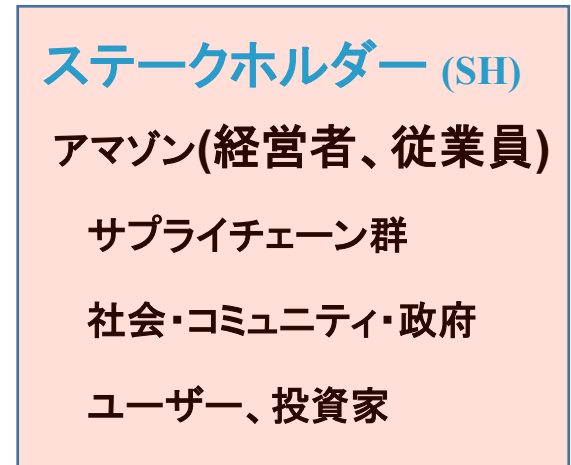
4. 脱炭素戦略に昇華するシステム卓越性の発揮

4.1 脱炭素 2040のシステム構成

Program



Stakeholders

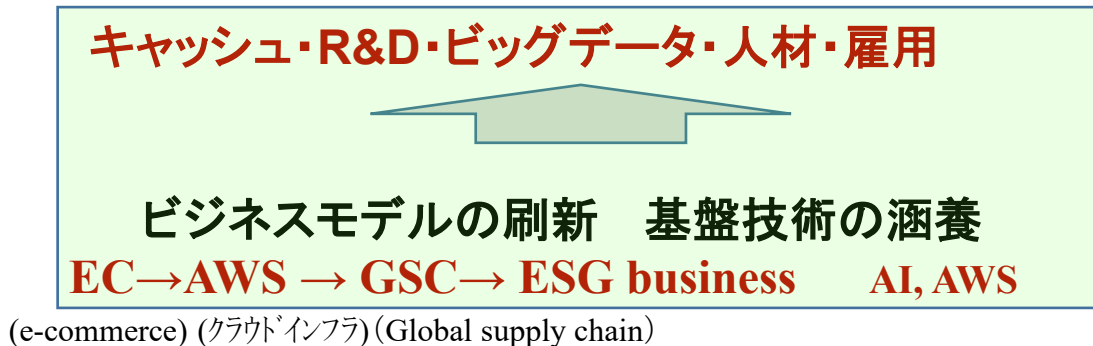


SHの
一丸とな
った取り
組みを促
す
Program

Institutional base



本質的改革を可能とする基盤



SH全員が動かし創り、
活性化するビジネス・
同基盤

Program, stakeholders, institutional base の3者が
精妙な自己増殖
ダイナミズム
を形成

図 14. アマゾンの脱炭素 2040 のダイナミズム.

4.2 脱炭素 2040 の Identity

(1) 他と画する注目すべき取り組み

- ① 時代的デマンドを反映して、ESGに沿って、ビジネスを脱皮・革新
EC (e-commerce) → AWS (クラウドインフラサービス) → GSC (Global supply chain) → **ESG-oriented business**
- ② 先行事業のために投資したアセット、培ったノウハウを徹底的に使いこなす
サーバーシステム・AWS/物流システム・顧客情報
- ③ ユーザーコミュニティとの共創関係を構築 CSV (Creating shared value)
- ④ 最先端の技術に野心的に挑戦、ステークホルダーがそれを懲慥 Stakeholder capitalization

(2) 脱炭素戦略に昇華するシステム卓越性

- ① ステークホルダー (SH) の一丸となった取り組みを促すプログラム
- ② SH 全員で動かし、創り、活性化するビジネス及びその基盤
- ③ それに基づいて構築される、本質的脱炭素を可能とする推進基盤
の3者が精妙な**自己増殖ダイナミズム**を形成

脱炭素2040 の自己増殖ダイナミズムの形成は、気候誓約パートナープロジェクトのシステム機能 に依存

III. 地球規模のルースカップリング

気候誓約
パートナープロジェクト

1. 基本的認識

「脱炭素」という単独での解決不能の、世界全体の一蓮托生の課題

→ アマゾンの「世界に冠たる比較優位」を結集

世界に呼びかけて、地球規模で挑戦 → 自らの脱炭素総合戦略のシステム
卓越性をフルに発揮

地球規模の挑戦を通じて、同システムもさらに高度化

Kara H. Hurst
Vice President,
Worldwide
Sustainability,
Amazon

Climate change **cannot be solved** by the power of governments, businesses and individuals **alone**.

We cannot go this alone, nor would we want to. We are focused on driving change beyond Amazon, and in partnership with others.

It is necessary for **society as a whole to solve the problem** by incorporating the knowledge of scientists, new technologies, and cooperating with partners.

The Climate Pledge **creates a community of companies** that are willing to execute long spans at the fastest speed.

Connect and share ideas across industries, as well as learn best practices from partners.

2. 気候誓約パートナープロジェクトのシステム機能

脱炭素2040の自己増殖ダイナミズムの形成は、パートナープロジェクトの Systems function に依存

(1) パートナープロジェクト

- ① 2019年9月19日に2040年脱炭素を狙いに提唱
- ② 自らの脱炭素戦略と合わせ、狙いを一にする企業の、パートナー参加を慫慂
- ③ 2021 年末までに20か国217社が参加 (売上2 兆ドル)

(2) 参加企業の責務

- ① 温室効果ガス排出量の定期的な計測と報告
- ② ビジネス改革やイノベーションを通じ、パリ協定に沿った脱炭素化戦略を実行
- ③ 本質的かつ永続的で定量化可能なオフセットを追加し、2040脱炭素を実現

(3) 情報効果

- ① 影響範囲全体を俯瞰した最適化が可能
- ② Scope 3 の正確な計測が可能
- ③ 膨大なデータを集積し、それを収益化
- ④ 一連の対応にカーボンニュートラル認証をリンクさせることも可能化

(4) Identity

- ① 帰納法的アプローチの限界のブレークスルー。2040 脱炭素を思い描いた演繹法的発想
- ② Loose coupling (予定調和的マッチングを期待した研究組合方式には限界)
- ③ 企業・組織、パートナーの分野横断的なコミュニティの構築支援
- ④ 「常識に風穴」に果敢に挑戦

(5) 期待される Systems function

- ① 業種・業界を超えた分野横断的な脱炭素アイデアの結合・共有
- ② ベストプラクティスの学習、非連続なイノベーションを創出するスキルの研鑽
- ③ 異次元の発想とのシナジー (想定外の多様な知の結合が期待)

(6) 参加者のアマゾンへの期待

- ① 着想力と胆力
- ② 大胆な戦略を実施するリーダーシップ
- ③ 非連続なイノベーションを創出するスキル

3. 気候誓約パートナープロジェクト (TCPP) の 構成

表 4 気候誓約パートナープロジェクト (TCPP) 参加企業、国別・業種別構成

No.	Joining date	Name	Country	Industry
1	2019/09/18	Amazon	USA	Retailers
2	2020/06/14	Reckitt	UK	Household and Personal Products
3	2020/06/15	Verizon	USA	Telecommunications
4	2020/06/15	Infosys	IND	Commercial Services
5	2020/06/25	Climate Pledge Arena	USA	Tourism and Leisure
6	2020/06/25	Seattle Kraken	USA	Other
7	2020/06/25	Oak View Group	USA	Construction
8	2020/08/27	Mercedes-Benz	DEU	Automotive
9	2020/09/22	Real Betis	ESP	Other
10	2020/09/23	McKinstry	USA	Construction
11	2020/09/23	Best Buy	USA	Retailers
12	2020/09/23	Schneider Electric	USA	Electrical and Electronic Equipment
13	2020/09/23	Siemens	USA	Electrical and Electronic Equipment
14	2020/11/17	Henkel	USA	Chemicals
15	2020/11/17	Signify	USA	Lighting
16	2020/12/01	Boom Supersonic	USA	Aircraft
17	2020/12/01	Cabify	ESP	Logistics
18	2020/12/01	JetBlue Airways	USA	Aviation
19	2020/12/01	Uber	USA	Logistics
20	2020/12/01	Rivian	USA	Automotive
21	2020/12/07	Canary Wharf Group	UK	Real Estate
22	2020/12/08	Microsoft	USA	Technology Hardware
23	2020/12/08	Unilever	UK	Household and Personal Products
24	2020/12/08	Groupe SEB France	FRA	Household and Personal Products
25	2020/12/08	Brooks Running	USA	Textiles and Apparel
26	2020/12/08	ERM	USA	Commercial Services
27	2020/12/08	Neste	FIN	Energy
28	2020/12/08	VAUDE	DEU	Textiles and Apparel
29	2020/12/08	Harbour Air Group	USA	Aviation
30	2020/12/08	Rubicon	USA	Commercial Services
31	2020/12/08	Atos	FRA	Commercial Services
32	2020/12/08	ITV	USA	Media
33	2020/12/08	Coca-Cola Europacific Partners	UK	Food and Beverage Products
34	2021/02/01	The Lamington Group	USA	Real Estate
35	2021/02/16	Green Britain Group	UK	Energy
36	2021/02/17	Colis Prive	FRA	Logistics
37	2021/02/17	Interface	USA	Construction
38	2021/02/17	Slalom	USA	Commercial Services
39	2021/02/17	Miir	USA	Household and Personal Products
40	2021/02/17	Orsted	UK	Energy

米・フィンランド
の国境を超えた
共進化例

41	2021/02/17	Generation Investment Management	UK	Financial Services
42	2021/02/17	Johnson Controls	USA	Equipment
43	2021/02/17	S4Capital	UK	Media
44	2021/02/17	Crauswick PLC	UK	Food and Beverage Products
45	2021/02/17	FREE NOW	DEU	Logistics
46	2021/02/17	Iceland Foods	UK	Retailers
47	2021/02/17	Prosegur Compania de Seguridad	ESP	Commercial Services
48	2021/02/17	Prosegur Cash	ESP	Commercial Services
49	2021/02/17	UPM	FIN	Forest and Paper Products
50	2021/02/17	Vanderlande	NLD	Construction
51	2021/02/17	ACCIONA	ESP	Energy
52	2021/02/17	Hotelbeds	ESP	Tourism and Leisure
53	2021/02/17	Daabon Group	USA	Agriculture
54	2021/02/17	IBM	USA	Commercial Services
55	2021/03/09	Aico	USA	Technology Hardware
56	2021/04/07	Canva	AUS	Software
57	2021/04/19	BNBuilders	USA	Construction
100	2021/04/21	Pollination	UK	Financial Services
101	2021/04/21	Portland General Electric	USA	Energy
102	2021/04/21	STV Group	UK	Media
103	2021/04/21	Springer Nature	UK	Other
104	2021/04/21	Sonmedix	ITA	Energy
200	2021/09/11	Midstream Lighting	UK	Technology Hardware
201	2021/09/17	BT Group PLC	UK	Telecommunications
202	2021/09/17	Skyline Hawaii	USA	Travel & Tourism
203	2021/09/20	Primafrío	ESP	Logistics
204	2021/09/20	EOS Security Limited	UK	Other
205	2021/09/20	Lottoland	UK	Other
206	2021/09/22	LC Paper	ESP	Forest and Paper Products
207	2021/09/30	OCM Technologies	IND	Other
208	2021/10/01	Hermes UK	UK	Logistics
209	2021/10/07	GEBHARDT Fordertechnik GmbH	DEU	Equipment
210	2021/10/07	Hunghenrich AG	DEU	Equipment
211	2021/10/08	Waterbound Real Estate	DEU	Real Estate
212	2021/10/15	Precision QA	MEX	Financial Services
213	2021/10/22	Snap Inc.	USA	Information Technology
214	2021/10/28	Fortescue	AUS	Energy
215	2021/10/29	Segro	UK	Real Estate
216	2021/11/01	Arrival	UK	Automotive
217	2021/11/17	IVECO Group	NLD	Other

国	企業数
米	79
英	61
独	12
西	11
加	8
蘭	8
仏	6
印	6
フィンランド	5
伊	5
豪	4
スウェーデン	3
デンマーク	2
アイルランド	2
スイス	2
他 5か国 ベルギー・墨国 UAE ルーマニア	5*
計 20か国	217

ロジスティクス	16
エネルギー	16
建 設	15
商業サービス	13
家庭用・個人用製品製造	11
食品・飲料製品製造	11
自動車	10
小売業者	9
不動産	9
ハードウェア技術	9
金融業務	9
メディア	8
観光・レジャー・旅行	6
電気通信	5
装置製造	5
航 空	5
ソフトウェア	3
繊維・アパレル	3
農 業	3
情報技術	2
林産物・紙製品	2
健康管理	2
金属製品	1
鉄 道	1
その他	43
合 計 27 業種	217

参加者のアマゾンへの期待

- ① 着想力と胆力
- ② 大胆な戦略を実施するリーダーシップ
- ③ 非連続なイノベーションを創出するスキル

4. 気候誓約パートナープロジェクトの 時代的アイデンティティ

表 5 気候誓約パートナープロジェクトの時代的アイデンティティ

	気候誓約パートナープロジェクト	参考 工業化社会時の日本モデル (エネルギー・環境技術開発研究組合の例)
運営主体	強力なリーダーのもと企業主導	政府主導
ターゲット	パリ協定に沿った脱炭素戦略	地球再生計画に沿った省エネ・グリーンエネ・環境技術
参加国	20 か国 (今後さらに増大)	原則日本のみ
参加企業業種	広範な 27 業種	製造業・エネルギー・建設業
参加メンバー	オープン(随時参加)	スタート時点で固定
参加者の役割分担	オープン(特段の定め無し)	スタート時点で明確に決定
期 間	10-30 年	5-10 年
期待する技術効果	シナジー・誘発・啓発・学習	スピルオーバー
コラボレーションの基本	ルースカップリング	コ・リサーチ・アズ・デザインド

5. 気候誓約パートナープロジェクトの国境を超えた脱炭素効果

(1) デジタルリーダーアマゾンとフィンランド森林リーダーUPMとの共進

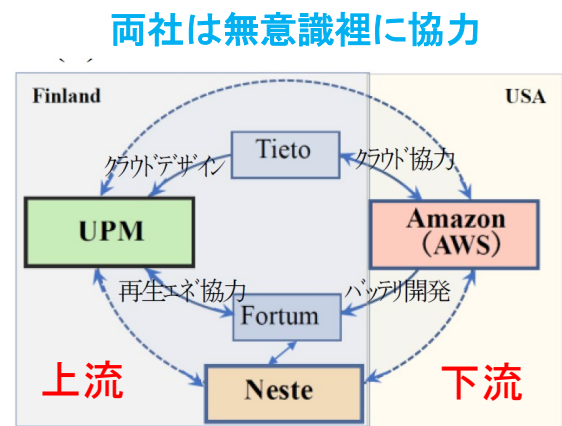
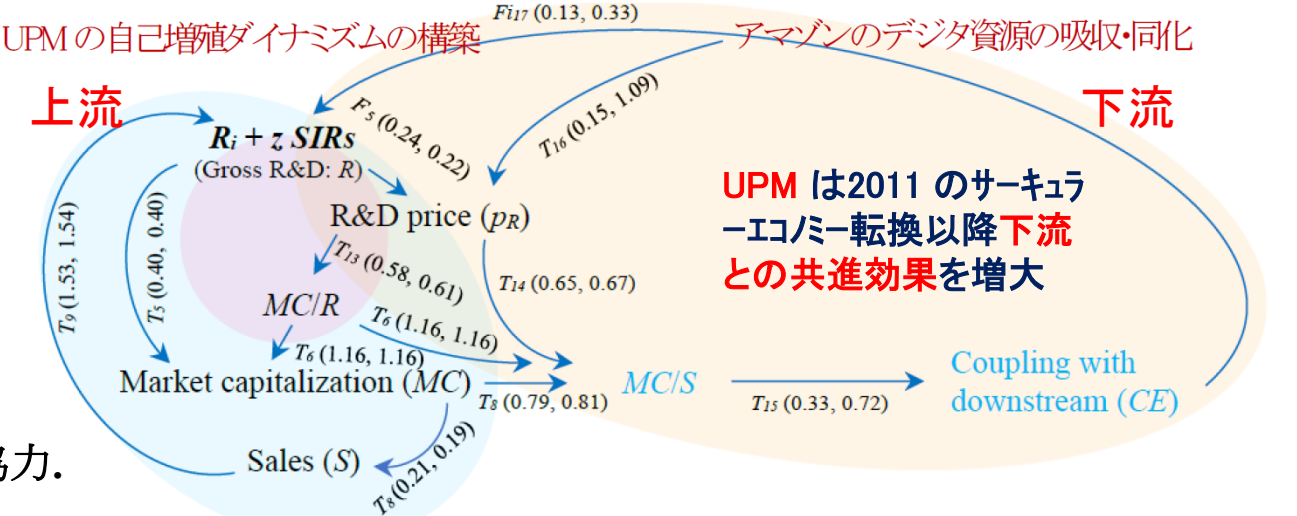


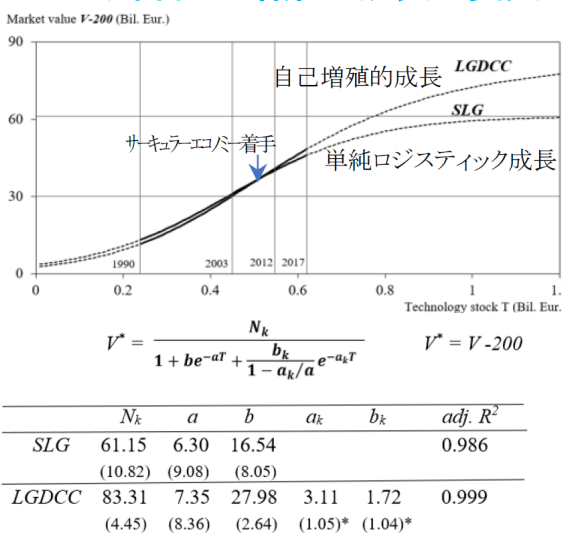
図 15. アマゾン、UPM, Neste の協力.



R_i: 独自R&D, z: 同化能力, SIRS: ソフトイノベーション資源, MC: 時価総額, S: 売上, CE: カップリング効果
() 内の数値は、誘発弾性値: 1990-2010 (サーキュラーエコミー以前), 2011-2017 (同以降).

図 16. 気候誓約パートナープロジェクトを通じた国境を超えた共進化例ーアマゾンとフィンランドUPM の例.

2011以降自己増殖的成長に変異



The figures in parenthesis indicate t-statistics: Significant at the 1% level except *

図 17. UPMの成長軌道 (1990-2017).

気候誓約パートナープロジェクトメンバーのアマゾンとUPMは以前から「無意識裡に協力」。

相互に共進効果を享受。

同プロジェクトのもとにその加速拡大が期待。



(2) 国境を超えた脱炭素効果

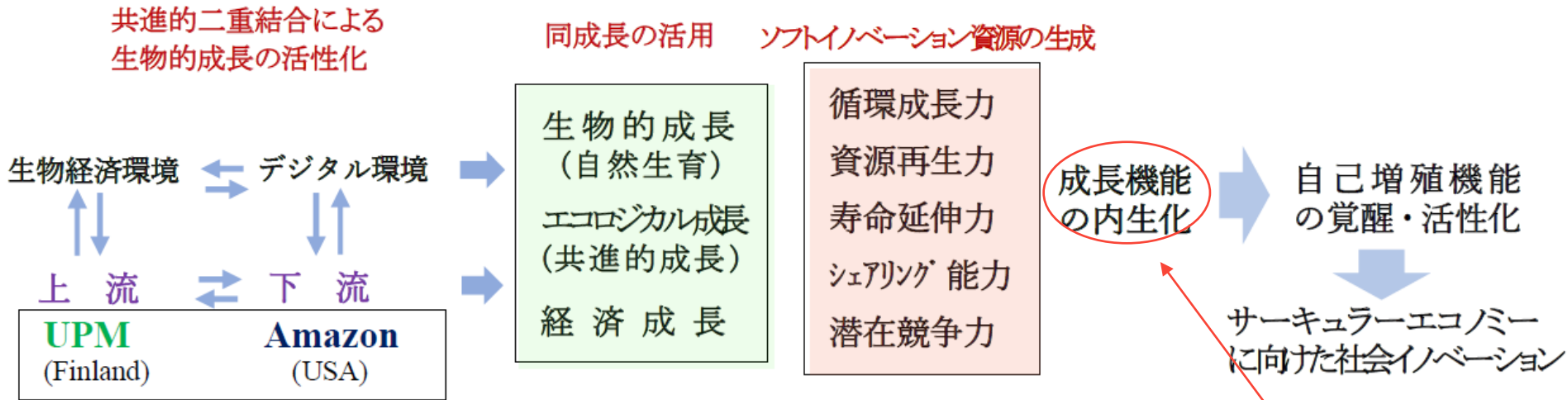
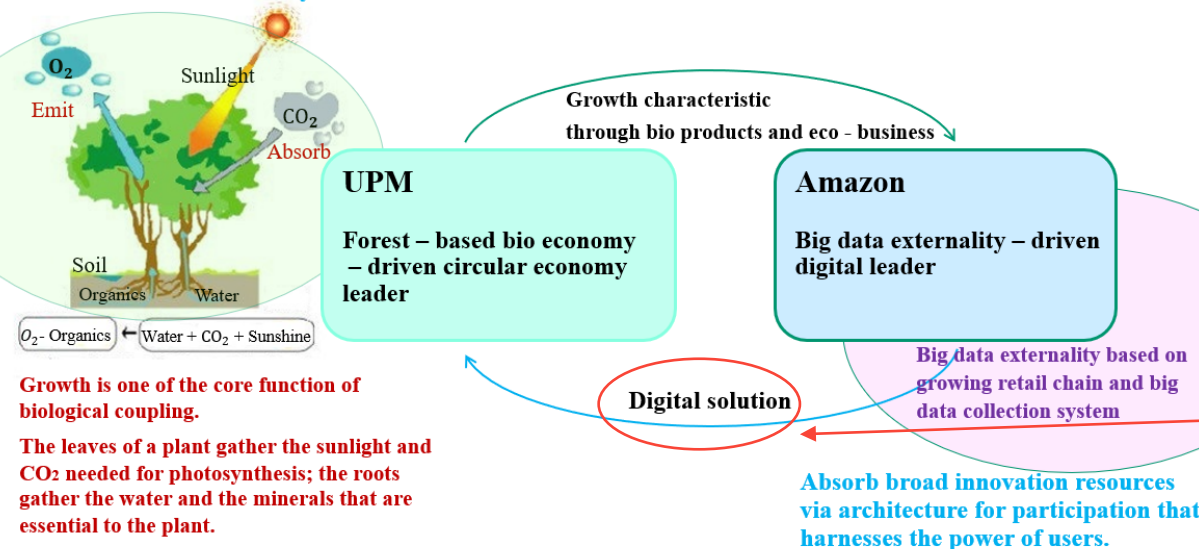


図 18. 気候誓約パートナープロジェクトを通じた国境を超えた共進化例

—アマゾン: オフセット、再生エネルギー + 成長の内生化、UPM: デジタル機能の内生化。

Embed growth characteristic
via forest-based bioeconomy



アマゾンは、UPMの森林資源
を活用することによって脱炭素
オフセット効果のみならず、再生
可能エネルギーの取得、成長
機能の内生化 も実現

UPMは、製品販路の拡大の
みならず、アマゾンのデジタル
資源を吸収同化して自己増殖
ダイナミズムを構築してサーキュ
ラーエコノミーを加速

IV. 日本モデルのデジタル覚醒

1. 技術のエネルギー代替・ハイテクミラクル・環境大国

かつては日本は環境先進国

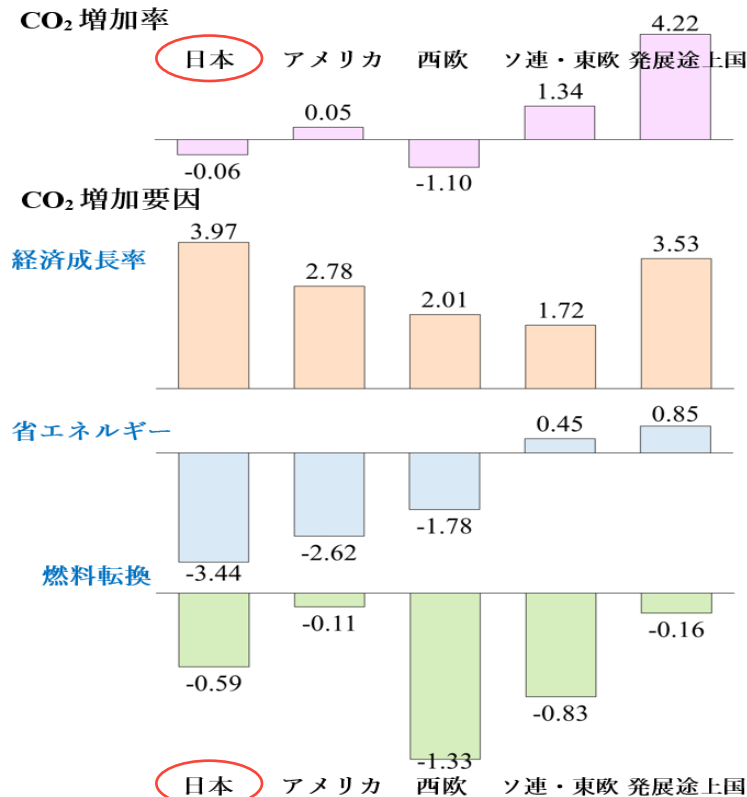


図 19. CO₂ 排出増加率とその構造要因の国際比較 (1979-1988). 資料: Watanabe (1999).

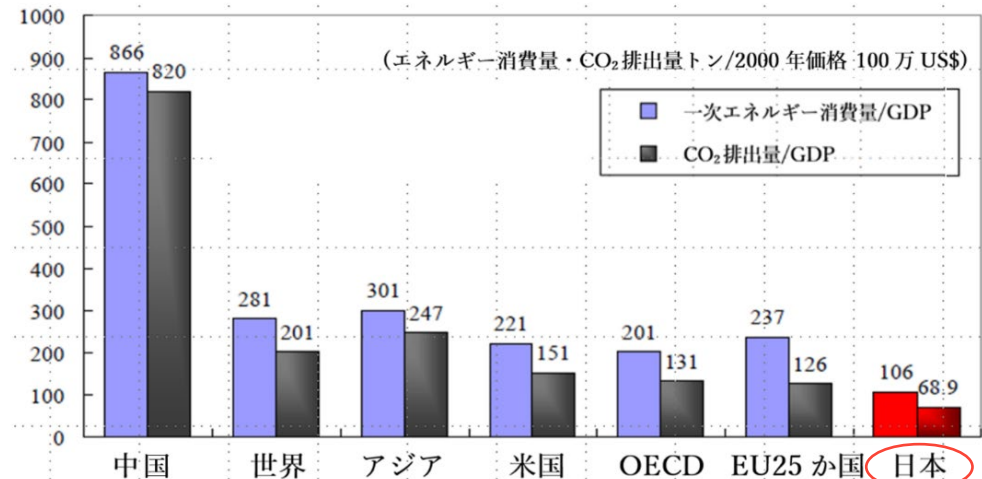


図 20. GDP あたりエネルギー消費量・CO₂ 排出量国際比較 (2003). 資料: IEA (2004), IMF (2004).

技術のエネルギー代替が奏功し、80年代のハイテクミラクルを謳歌

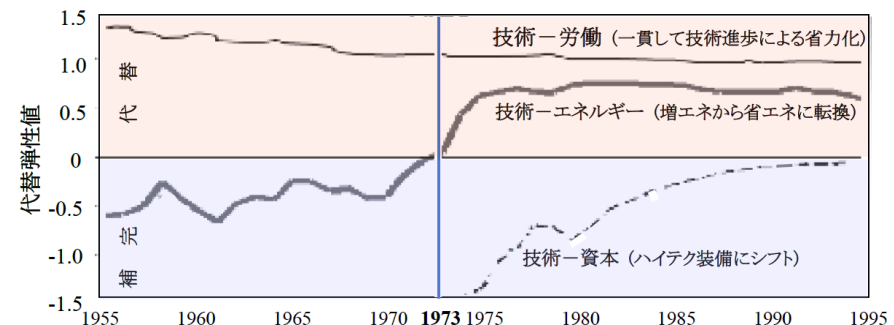


図 21. 日本の製造業の生産要素の代替・補完関係の推移 (1955-1995). 資料: Watanabe (1992).

2. 研究組合：エネルギー多消費産業とハイテク産業の共進

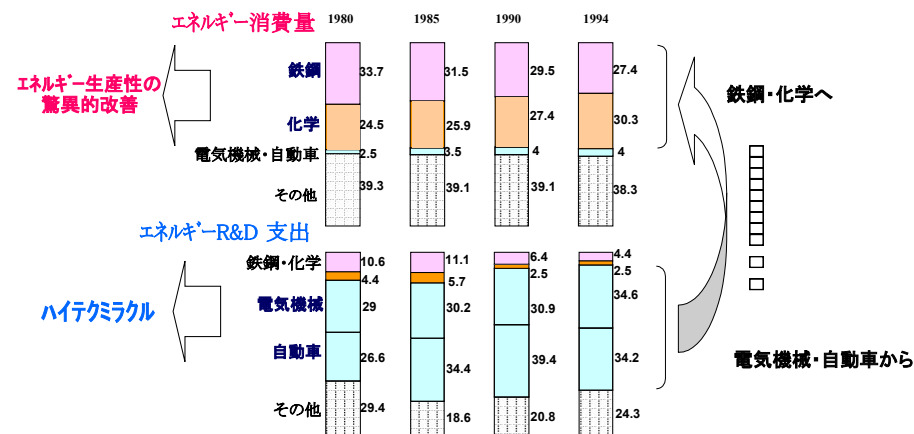
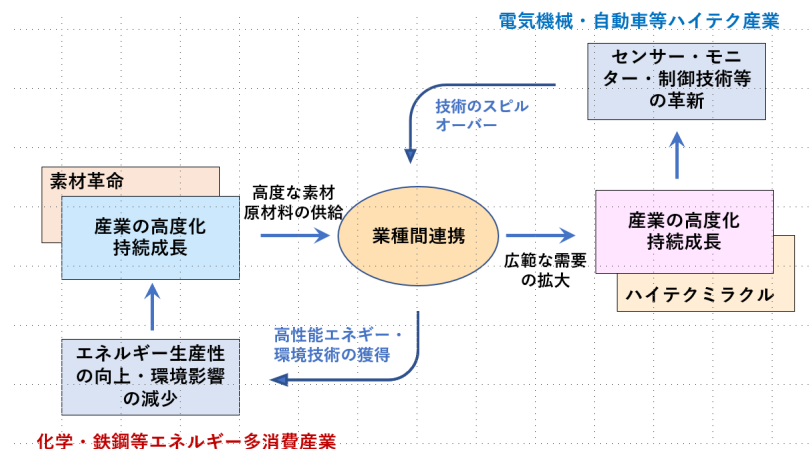


図22. エネルギー多消費産業とハイテク産業の共進ダイナミズム。図 23. エネルギー多消費産業とハイテク産業の共進的發展 (1980-1994). 資料: 渡辺 (2009).

表6 通産省主導のエネルギー・環境技術研究組合の構成企業 (1994)

新エネルギー 化学 窯業土石 鉄鋼業 非鉄・同製品 機械	The Sunshine Project (61) Chemicals (15)	24 Asahi Chemical Industry, 29 Mitsubishi Kasei, Mitsui Toatsu Chemicals, Kaneka, Daito Hoxan, Japan Catalytic Chemicals, Nippon Steel Chemical, Idemitsu Oil, Tonen, Nippon Oil, Cosmo Oil, Nikko Kyoseki Oil, Oil Resources Development, Sumitomo Coal Mining, Mitsui Coal Liquefaction
	Ceramics (4)	33 Asahi Glass, Kyocera, NGK Spark Plug, Shinagawa Refractories
	Iron and steel (7)	Nippon Steel, 33 Sumitomo Metal Industries, 26 Kobe Steel, NKK, 28 Kawasaki Steel, Japan Steel Works, Japan Metal and Chemicals
	Nonferrous metals and products (5) Machinery (20)	Sumitomo Electric Industries, Sumitomo Metal Mining, Hitachi Cable, Mitsui Mining and Smelting, Osaka Titanium 3 Hitachi, 6 Toshiba, 35 Ishikawajima-Harima Heavy Industries, 12 Mitsubishi Industries, 10 Mitsubishi Electric, 38 Fuji Electric, 32 Oki Electric Industry, 15 Sharp, 17 Sanyo Electric, Ebara, Mitsui Engineering and Shipbuilding, 2 Matsushita Electric Industry, Yuasa Battery, Japan Storage Battery, Matsushita Battery, Bab and Cock Hitachi, Yamatake-Honeywell, Koto Electric, 1 Toyota Motor, 8 Nissan Motor
電力・ガス 建設 省エネルギー 化学 窯業土石 鉄鋼業 非鉄・同製品 機械 電力・ガス 建設	Public utilities (4) Construction (6)	EPDC, Tohoku Electric Power, Okinawa Electric Power, Tokyo Gas JGC, TEC Electrics, Chiyoda, Kandenko, Ohte Development, Geothermal Technology Development
	The Moonlight Project (54) Chemicals (3)	24 Asahi Chemical Industry, 29 Mitsubishi Kasei, Ube Industries
	Ceramics (4)	33 Asahi Glass, Kyocera, NGK Spark Plug, NGK Insulators
	Iron and steel (3) Nonferrous metals and products (5) Machinery (23)	33 Sumitomo Metal Industries, 26 Kobe Steel, NKK Sumitomo Metal Industries, Hitachi Cable, Fujikura, Showa Electric Wire and Cable, Furukawa Electric 3 Hitachi, 6 Toshiba, 35 Ishikawajima-Harima Heavy Industries, 12 Mitsubishi Industries, Kawasaki Heavy Industries, 10 Mitsubishi Electric, Fuji Electric, 17 Sanyo Electric, Ebara, Mitsui Engineering and Shipbuilding, Kubota, Yokogawa Electric, Murata, Maekawa Manufacturing, Aishin Seki, Daikin Industries, Sumitomo Precision Products, Hitachi Zosen, Niigata Engineering, Yammer Diesel, Yuasa Battery, Japan Storage Battery, Matsushita Battery Hokkaido Electric Power, Tohoku Electric Power, 19 Tokyo Electric Power, Chubu Electric Power, Hokuriku Electric Power, Kansai Electric Power, Chugoku Electric Power, Shikoku Electric Power, Kyusyu Electric Power, EPDC, Osaka Gas
	Public utilities (11) Construction (5)	JGC, TEC Electrics, Chiyoda, Shimizu, Obayashi

^aFigures heading firms indicate orders of R&D expenditure in 1992 out of 40 firms (19 firms out of 40 participated).

^bFigures in parentheses indicate number of firms in respective sectors.

予見された機能に即して
精妙に組み合わされた

ハイテク産業とエネルギー
多消費産業が

相互の比較優位をスピ
ルオーバーさせながら、

ともに進展する好循環、
共進化を達成

3. 情報化社会への移行とともに瓦解した工業化社会時の日本モデル

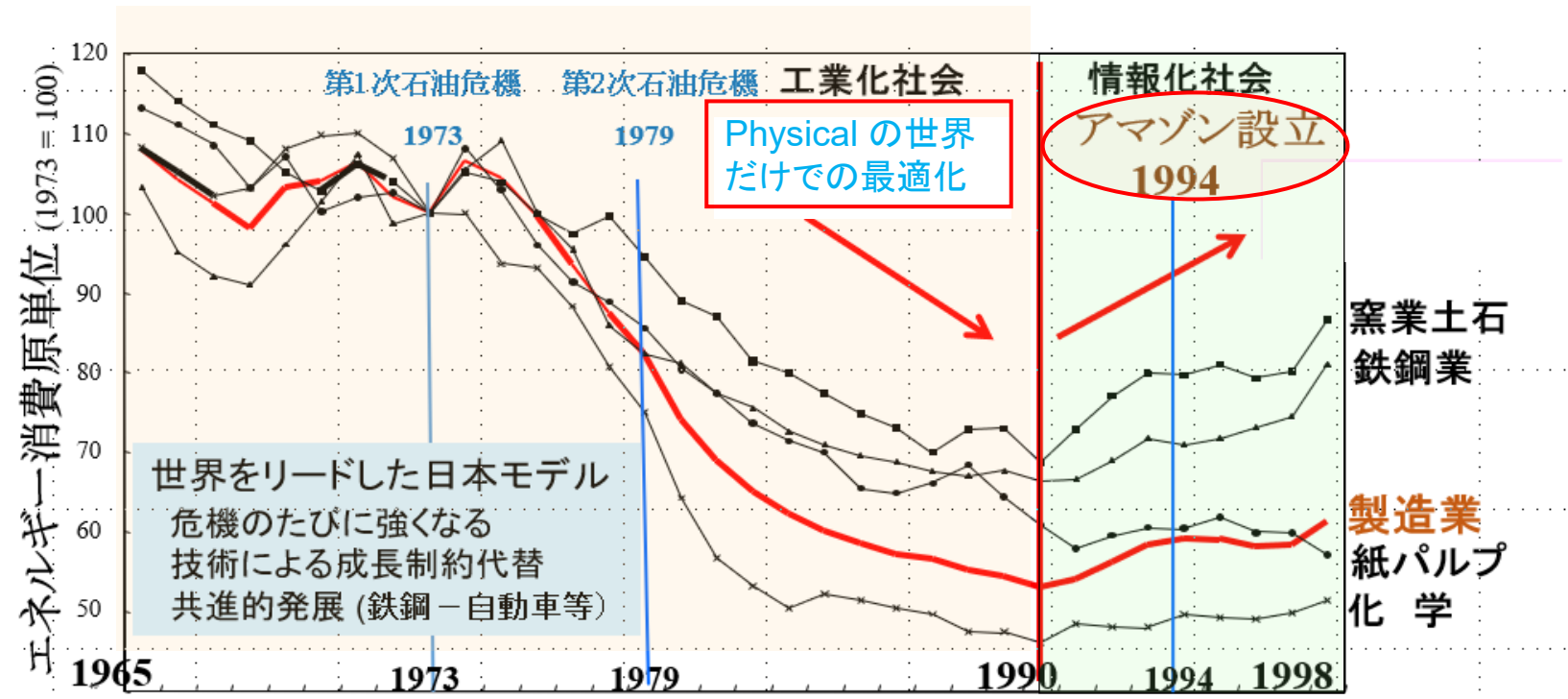


図 24. 日本のエネルギー生産性: 工業化社会時の成功と情報化社会時の瓦解. 資料: 渡辺 (2009).

工業化社会時の
成功体験が
組織の慣性化

→ 部分システムの最適解

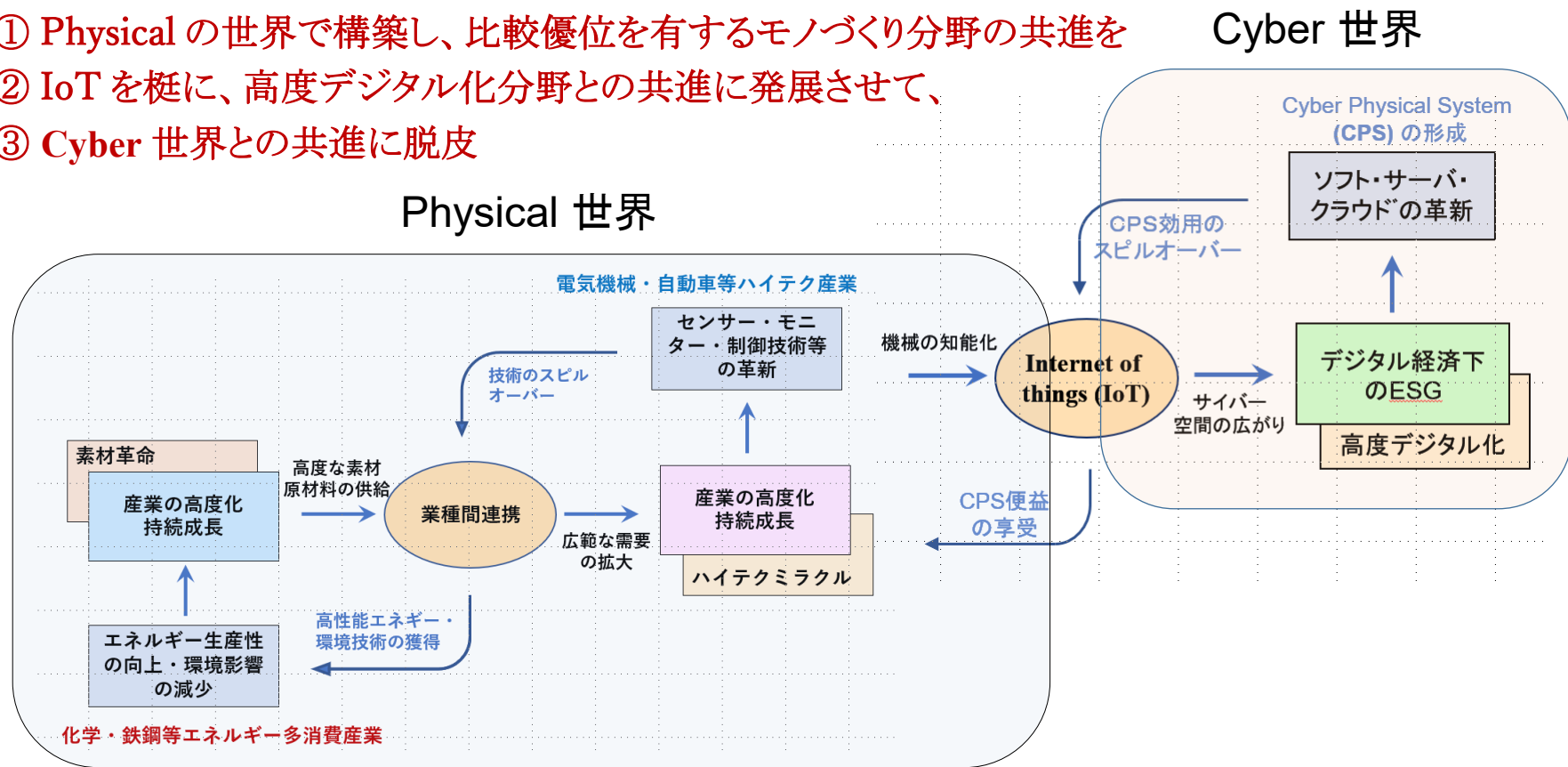
情報化社会への
適応に遅れ、経済
停滞との悪循環を
招来

	工業化社会	情報化社会
コア技術	製造技術	ICT
主導者	サプライヤー	ユーザー
技術機能形成	市場化段階で賦与	利用過程で形成
活動世界	Physical 世界	Physical + Cyber 世界
最適化	企業単位	市場全体

アマゾンは、
日本モデルをを徹
底学習して、それを
デジタルに即して適
用・発展

4. 脱炭素に向けた日本モデルのデジタル覚醒の方向

- ① Physical の世界で構築し、比較優位を有するモノづくり分野の共進を
- ② IoT を梃に、高度デジタル化分野との共進に発展させて、
- ③ Cyber 世界との共進に脱皮



Physical 世界内だけの好循環

Cyber 世界との共進に脱皮

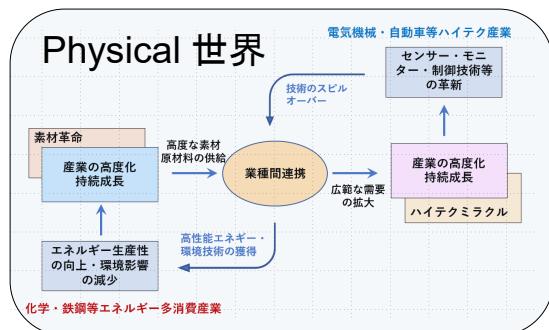
バリューチェーン全体の最適化 (コスト、時間、炭素 → 0)

脱炭素に向けたビジネスの脱皮・革新

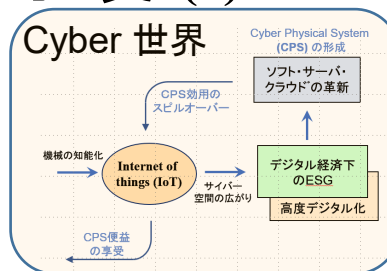
図 25. Physical 世界とCyber 世界の共進

— 潜在的比較優位のデジタル覚醒を通じた全体最適化の追求。

5. 日本の R&D 変容 への示唆 (1)

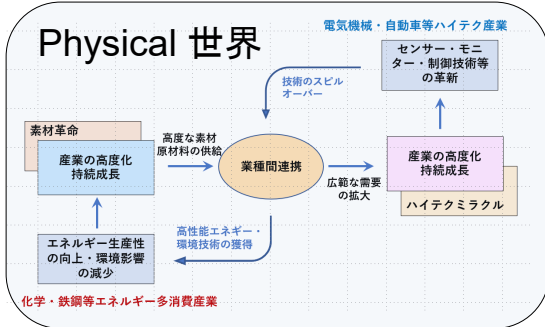


X
休眠状態



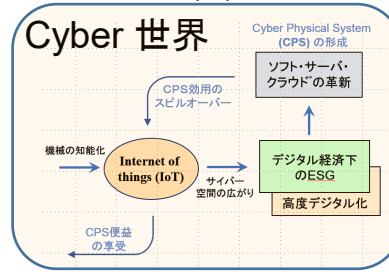
Physical 世界内だけの好循環

5. 日本の R&D 変容 への示唆 (2)

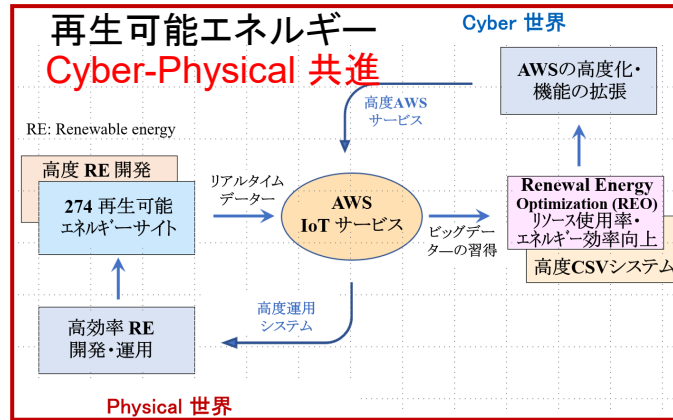


Physical 世界内だけの好循環の脱皮

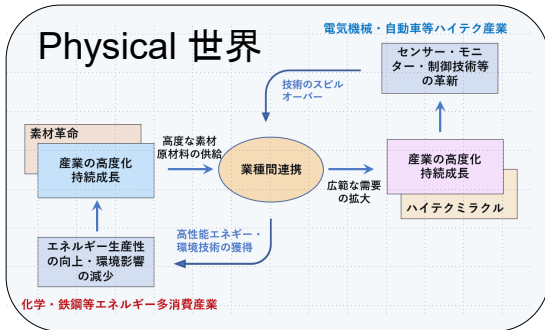
X
休眠状態



脱炭素 → 再生可能エネルギー
→ **Cyber-Physical 共進**

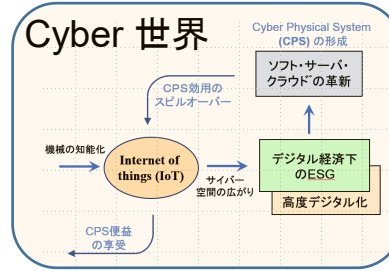


5. 日本の R&D 変容 への示唆 (3)

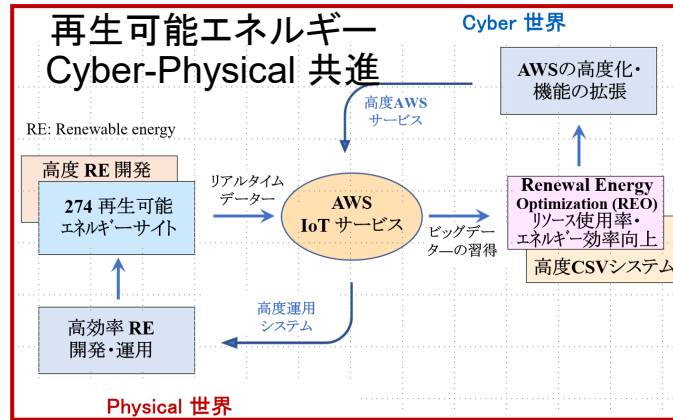


Physical 世界内だけの好循環の脱皮

X
休眠状態

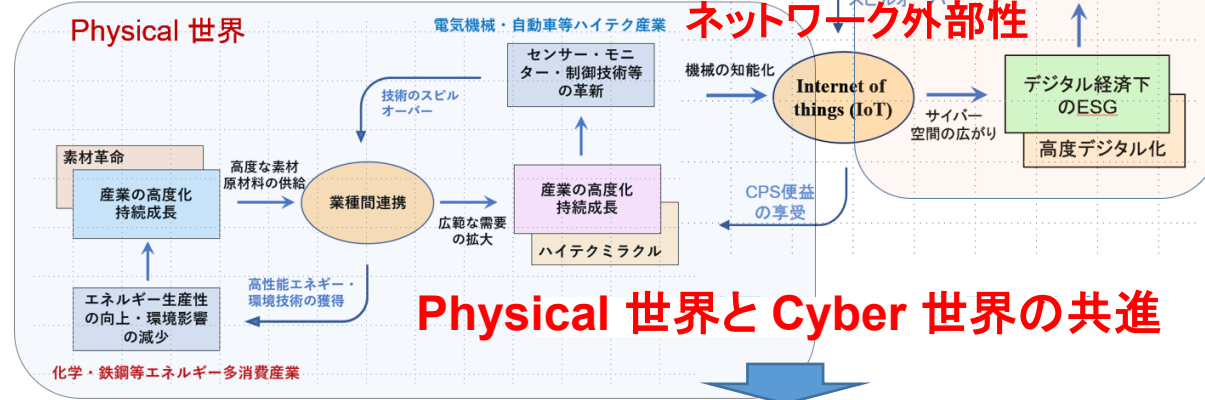


脱炭素 → 再生可能エネルギー
→ Cyber-Physical 共進



休眠状態からの覚醒

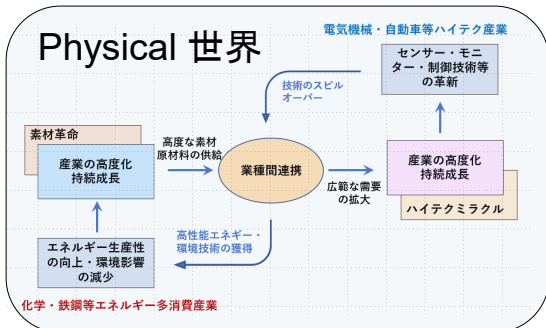
2050年カーボンニュートラル
Society 5.0 with Carbon Neutral
(2020年12月 経団連)



バリューチェーン全体の最適化

脱炭素に向けたビジネスの脱皮・革新 46

5. 日本の R&D 変容 への示唆 (4)

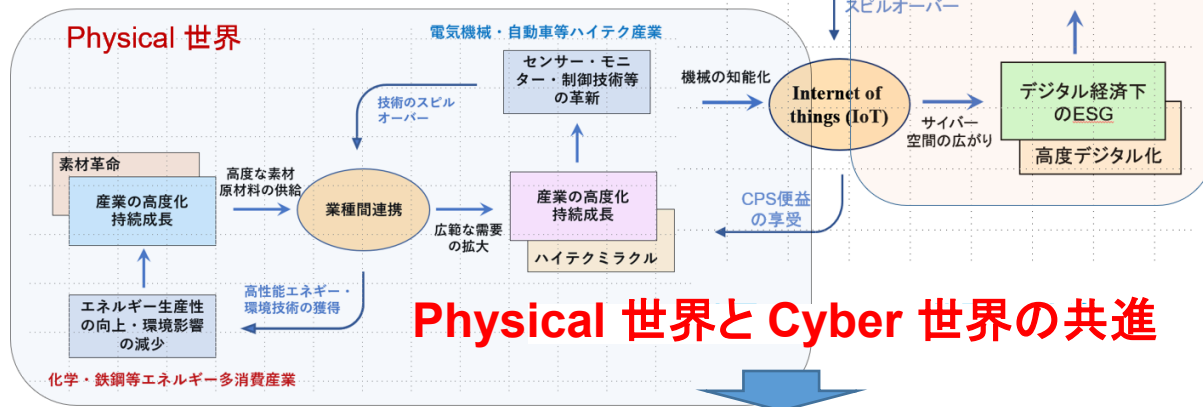
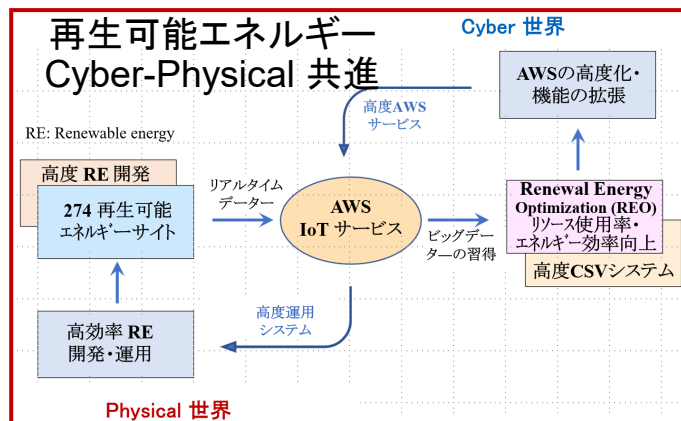
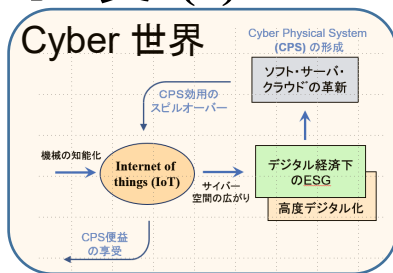


Physical 世界内だけの好循環の脱皮

脱炭素 → 再生可能エネルギー
→ Cyber-Physical 共進

Program, stakeholders,
institutional base
の自己増殖ダイナミズム

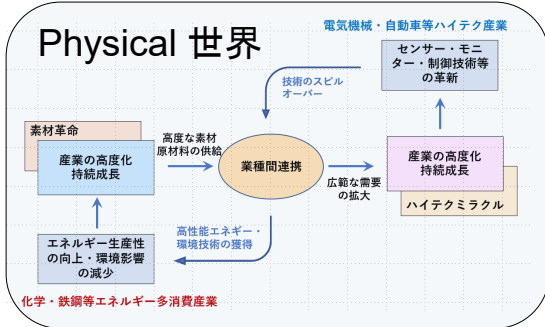
X
休眠状態



バリューチェーン全体の最適化

脱炭素に向けたビジネスの脱皮・革新 47

5. 日本の R&D 変容 への示唆 (5)



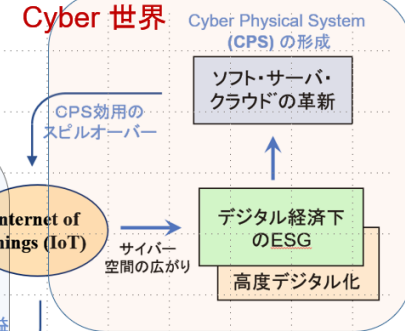
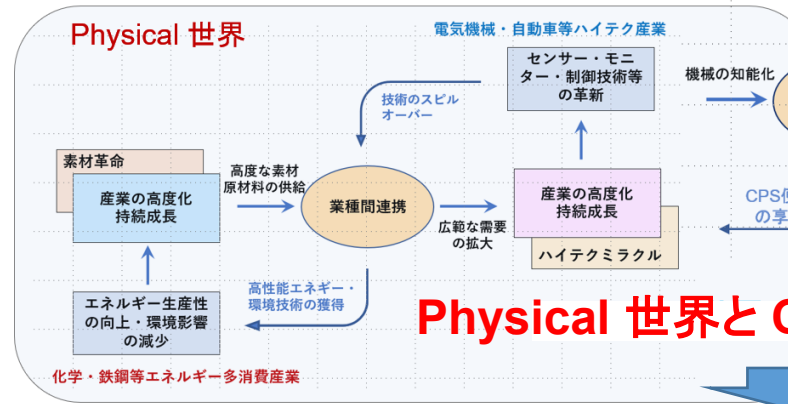
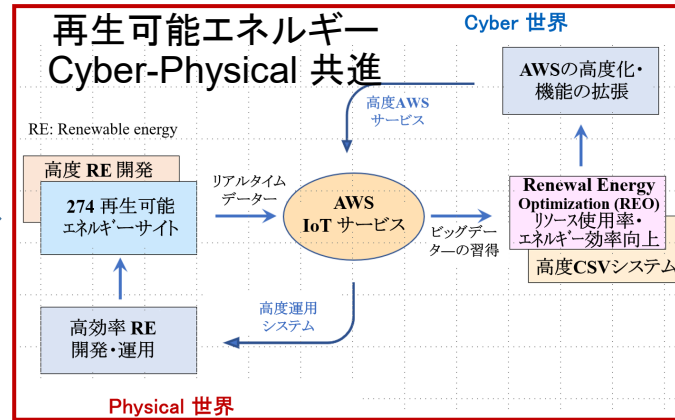
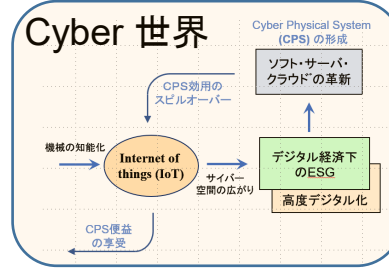
Physical 世界内だけの好循環の脱皮

脱炭素 → 再生可能エネルギー
→ Cyber-Physical 共進

Program, stakeholders,
institutional base
の自己増殖ダイナミズム

The Climate Pledge
分野横断的コミュニティ
異次元の発想とのシナジー
演繹的発想

X
休眠状態



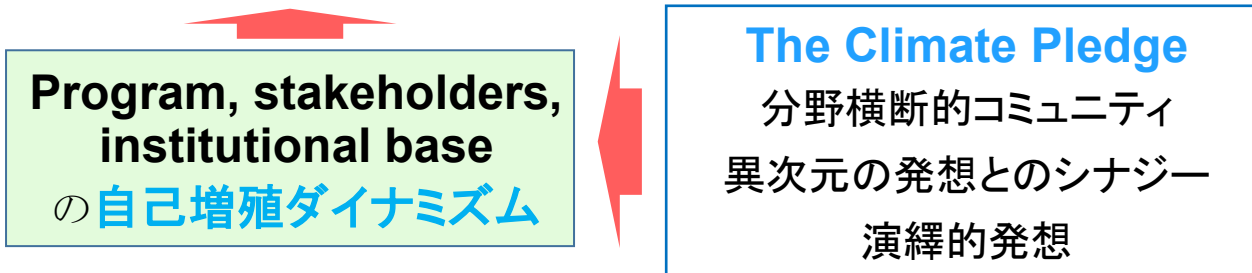
Physical 世界と Cyber 世界の共進

バリューチェーン全体の最適化

脱炭素に向けたビジネスの脱皮・革新 48

5. 日本の R&D 変容 への示唆 (6)

脱炭素 → Cyber-Physical 共進



ソニーとホンダが合併でEV を開発
自動車メーカーの枠を超える“化学反応”に期待

モビリティは新しい領域だ
Safety, Entertainment,
Adaptability で貢献できそうだ

ソニーグループ 吉田憲一郎会長兼社長

未来のモビリティへの
野心的な思いやビジョン
を共有できた

本田技研工業 三部敏宏社長

5. 日本の R&D 変容 への示唆 (7)

脱炭素 → Cyber-Physical 共進

Program, stakeholders,
institutional base
の自己増殖ダイナミズム

The Climate Pledge

分野横断的コミュニティ
異次元の発想とのシナジー
演繹的発想

学際的啓発



Source: Ministry of Economic Affairs and Employment, Finland

参考文献

- [1] 渡辺千俣、藤祐司, 2021. カーボンニュートラルに向けた日本モデルのデジタル覚醒 ―アマゾンに倣う ESG 指向のステークホルダー資本主義. 研究・イノベーション学会年次学術大会予稿集, 368-373.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_Abstracts.pdf
- [2] Watanabe, C., Tou, Y. and Neittaanmäki, P., 2021. Transforming the Socio Economy with Digital Innovation. Elsevier, Amsterdam.
<http://foxc-j.com/data/Transforming the socio economy with digital innovation.pdf>
- [3] Watanabe, C., Akhtar, W., Tou, Y. and Neittaanmäki, P., 2021*b*. Amazon's New Supra-omnichannel: Realizing Growing Seamless Switching for Apparel During COVID-19. Technology in Society 66, 101645.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_TS28.pdf
- [4] Watanabe, C., Akhtar, W., Tou, Y. and Neittaanmäki, P., 2021*a*. Amazon's Initiative Transforming a Non-contact Society: Digital Disruption Leads the Way to Stakeholder Capitalization. Technology in Society 65, 101596.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_TS27.pdf
- [5] Watanabe, C., Tou, Y. and Neittaanmäki, P., 2020. Institutional Systems Inducing R&D in Amazon: The Role of an Investor Surplus toward Stakeholder Capitalization. Technology in Society 63, 101290.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_TS26.pdf
- [6] Watanabe, C. and Tou, Y., 2020. Transformative Direction of R&D: Lessons from Amazon's Endeavor. Technovation 88, 102081.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_TV35.pdf
- [7] Naveed, N., Watanabe, C. and Neittaanmäki, P., 2020. Co-evolutionary Coupling Leads a Way to a Novel Concept of R&D: Lessons from Digital Bioeconomy. Technology in Society 60, 101220.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_TS25.pdf
- [8] Tou, Y., Watanabe, C. and Neittaanmäki, P., 2020. Fusion of Technology Management and Financing Management: Amazon's Transformative Endeavor by Orchestrating Techno-financing Systems. Technology in Society 60, 101219.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_TS24.pdf
- [9] Tou, Y., Watanabe, C., Moriya, K., Naveed, N., Vurpillat, V., and Neittaanmäki, P., 2019. The Transformation of R&D into Neo Open Innovation: A New Concept of R&D Endeavor Triggered by Amazon. Technology in Society 58, 101141.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_TS23.pdf
- [10] Tou, Y., Watanabe, C., Moriya, K., and Neittaanmäki, P., 2019. Harnessing Soft Innovation Resources Leads to Neo Open Innovation. Technology in Society 58, 101114.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_TS22.pdf
- [11] Watanabe, C., Naveed, N. and Neittaanmäki, P., 2018*b*. Digitalized Bioeconomy: Planned Obsolescence-driven Economy Enabled by Co-evolutionary Coupling. Technology in Society 56, 8-30.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_TS21.pdf
- [12] Watanabe, C., Naveed, N., and Neittaanmäki, P., 2018*a*. Digital Solutions Transform the Forest-based Bioeconomy into a Digital Platform Industry: A Suggestion for a Disruptive Business Model in the Digital Economy. Technology in Society 54, 168-188.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_TS19.pdf
- [13] 渡辺千俣, 2009. イノベーションとインスティテューションの共進：日本型技術経営の盛衰. インスティテューショナル技術経営学―日本型共進ダイナミズムの解明と世界価値への昇華. 東京工業大学 21 世紀 COE プログラム最終報告書, 21-34.
http://www.me.titech.ac.jp/~coe/5YearReport/SIMOT_J.pdf
- [14] Watanabe, C., Kondo, R., Ouchi, N., Wei, H. and Griffy-Brown, C., 2004. Institutional Elasticity as a Significant Driver of IT Functionality Development. Technological Forecasting and Social Change 71 (7), 723-750.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_TF4.pdf
- [15] Watanabe, 1999. Systems Option for Sustainable Development: Effect and Limit of the MITT's Efforts to Substitute Technology for Energy, Research Policy 28 (7), 719-749.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_RP2.pdf
- [16] Watanabe, 1992. Trends in the Substitution of Production Functors to Technology, Research Policy 21 (6), 481-505.
http://foxc-j.com/list/Watanabe_RP1.pdf

別添参考

A1. GAFAM の地球温暖化ガス排出量 (2018-2020)

	Amazon		
	2018	2019	2020
Scope 1	5.0	5.8	9.6
Scope 2	4.7	5.5	5.3
Scope 3	34.7	39.9	45.7
Total	44.4	51.2	60.6

	Apple		
	2018	2019	2020
Scope 1	0.1	0.1	0.1
Scope 2	0.01	0	0
Scope 3	25.1	25.0	22.5
Total	25.2	25.1	22.6

	Alphabet		
	2018	2019	2020
Scope 1	0.1	0.1	0.04
Scope 2	0.7	0.8	0.9
Scope 3	12.9	11.7	9.4
Total	13.7	12.6	10.3

	Microsoft		
	2018	2019	2020
Scope 1	0.1	0.1	0.1
Scope 2	0.2	0.3	0.2
Scope 3	11.6	11.4	10.9
Total	11.9	11.8	11.2

	Facebook		
	2018	2019	2020
Scope 1	0.04	0.04	0.03
Scope 2	0.3	0.2	0.01
Scope 3	0.7	4.1	4.03
Total	1.0	4.3	4.1

売上・炭素強度 (CO₂/売上)

	Sales (US\$ billion)	Carbon intensity (grams of CO ₂ e per \$ of sales)
Amazon	386.1	157.0
Apple	274.5	82.3
Alphabet	182.5	56.4
Microsoft	143.0	78.3
Facebook	86.0	47.7

Facebook 2020 Sustainability Report (Facebook, 2021)

Microsoft 2020 Environmental Sustainability Report (Microsoft, 2021)

Google Environmental Report 2021 (Google, 2021)

Environmental Progress Report 2020 (Apple, 2021)

Amazon Sustainability 2020 Report (Amazon, 2021)

A2. ステークホルダー資本主義のR&D 誘発

- ① 時価総額 = 発行株数 x 1株当たり純利益 (EPS) x 株価収益率 (PER)
- ② アマゾン、純利益より1株当たりフリーキャッシュフロー (FCF) の増大を重視
 → **時価総額** = [発行株数 x 1株当たりFCF] x [株価FCF率]
 = 生産者余剰 x **投資家余剰**

N: 発行株式数
 E: 純利益
 Sp: 株価
 FCF: フリーキャッシュフロー
 EPS: 1株当たり純利益
 PER: 株価収益率
 FCPS: 1株当たり FCF
 PFCR: 株価 FCF 率

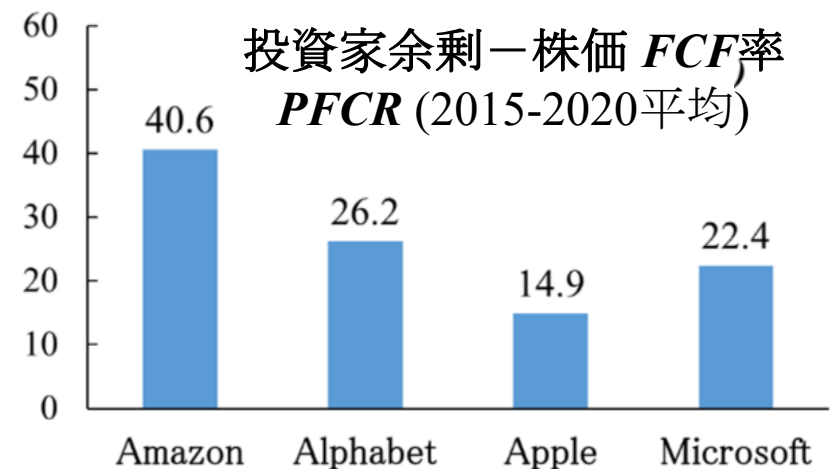
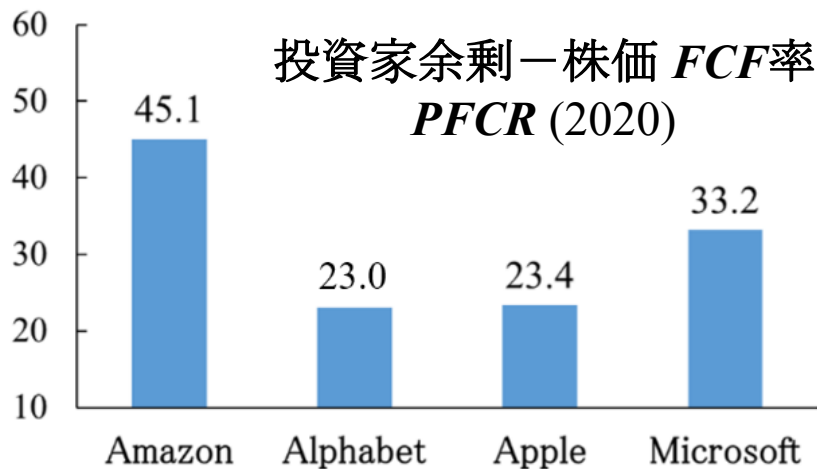
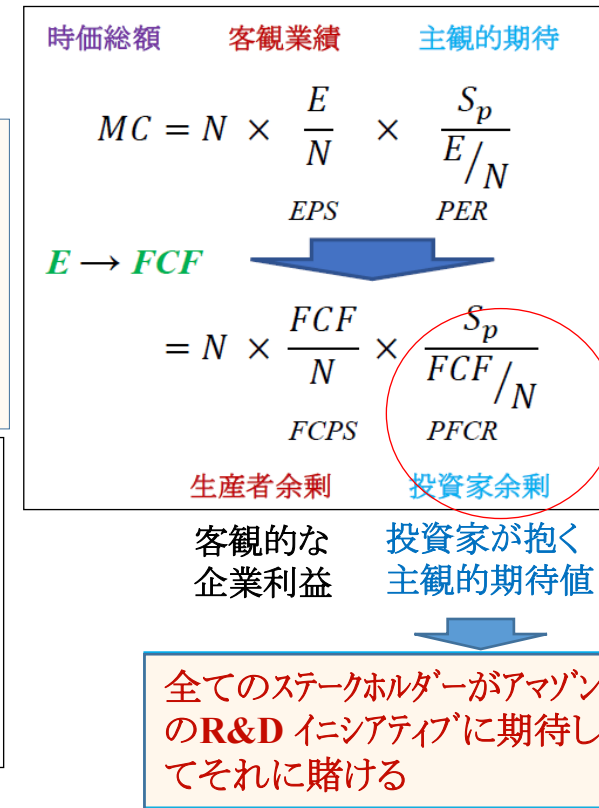


図 A1. 4社のステークホルダー資本主義進展度.

A3.グローバル R&D リーダーのESG リスク対応

A 3.1 ESG リスクのR&D 誘発

表A1 100社のESG リスクとR&Dの相関 (2020)

$$\ln R = a + b_1 D_1 \ln E + b_2 D_2 \ln E + b_3 D_3 \ln E + b_4 D_4 \ln E + c_5 D_5 + c_6 D_6 + c_7 D_7$$

R&D	ESG risk				External market conditions				
<i>a</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	<i>b</i> ₃	<i>b</i> ₄	<i>c</i> ₅	<i>c</i> ₆	<i>c</i> ₇	<i>adj.R</i> ²	<i>Dummy</i>
0.404 (2.12*)	0.914 (13.33)	0.582 (8.02)	0.359 (4.99)	0.125 (1.92**)	-0.549 (-4.59)	-0.295 (-2.93)	-0.246 (-2.80)	0.933	<i>D</i> ₁ : 1-11; <i>D</i> ₂ : 12-37; <i>D</i> ₃ : 38-66 <i>D</i> ₄ : 67-99 <i>D</i> ₅ : 5, 7-9, 11; <i>D</i> ₆ : 12-14, 18-26; 29-35, 37 <i>D</i> ₇ : 38-39, 41, 43-44, 46-48, 50, 55-61, 64-66.

Figures in parentheses are t-statistics: all are significant at the 1% level except *2.5% and **5%.

1. Alphabet
2. Huawei
3. Apple
4. Samsung
5. Microsoft
6. Facebook
7. Volkswagen
8. Merck
9. Intel
10. Roche
11. J & J
12. Bristol-Myers
13. Toyota
14. Pfizer
15. Texas Instruments
16. Novartis
17. Bayer
18. Alibaba
19. Daimler
20. Ford
21. GlaxoSmith
22. BMW
23. Honda
24. Sanofi
25. AbbVie
26. IBM
27. Cisco
28. Qualcomm
29. General Motors
30. Oracle
31. Eli Lilly
32. AstraZeneca
33. EXOR
34. Tencent
35. SAP
36. Dell
37. Siemens
38. Gilead Sciences
39. Nokia
40. Nissan
41. Continental
42. Broadcom
43. Denso
44. Sony
45. Boehringer Sohn
46. Takeda
47. Panasonic
48. Ericsson
49. Amgen

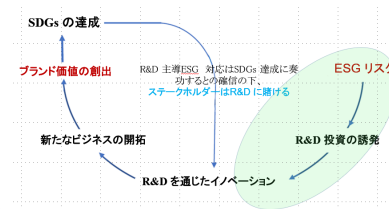
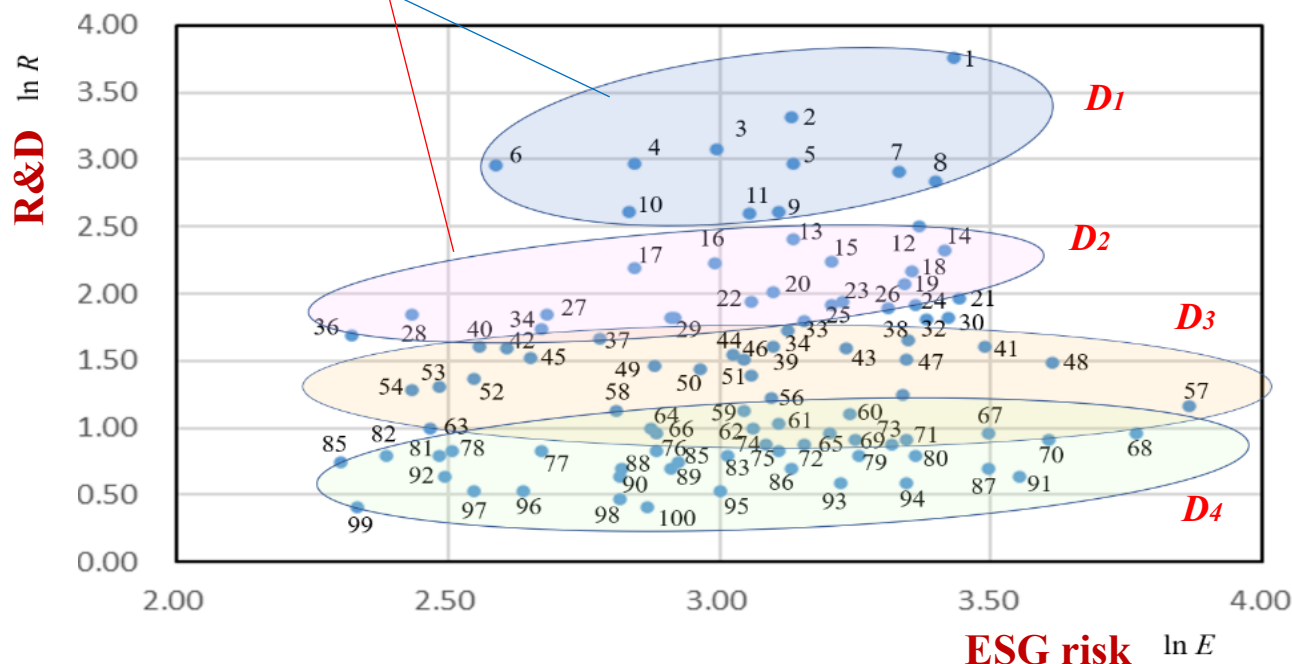


図 A2. 100社のESG リスクとR&Dの相関 (2020).

A3.2ブランド価値のR&D 誘発

表A2 25社のブランド価値とR&Dの相関 (2020)

$$\ln R = a + b_1 D_1 \ln BV + b_2 D_2 \ln BV + b_3 D_3 \ln BV + b_4 D_4 \ln BV$$

R&D

Brand value

a	b_1	b_2	b_3	b_4	$adj.R^2$	Dummy
-2.598 (-3.41)	1.171 (7.46)	1.146 (6.76)	1.262 (6.00)	1.528 (5.47)	0.738	D_1 : 1, 2, D_2 : 4, 6 D_3 : 3, 5, 7, 8, 10, 14, 23, 24, 27, 28, 31, 35, 68, 70, 88, 94 D_4 : 19, 21, 38, 41, 60

Figures in parentheses are t-statistics: all are significant at the 1% level.

ブランド価値 → R&D

Marginal inducement

of Brand Value to R&D
(MIBR)

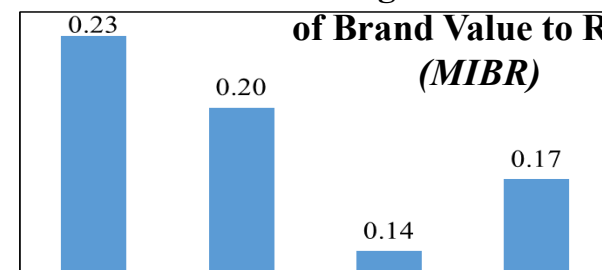


図 A4. ブランド価値による R&D 誘発率 (2020).

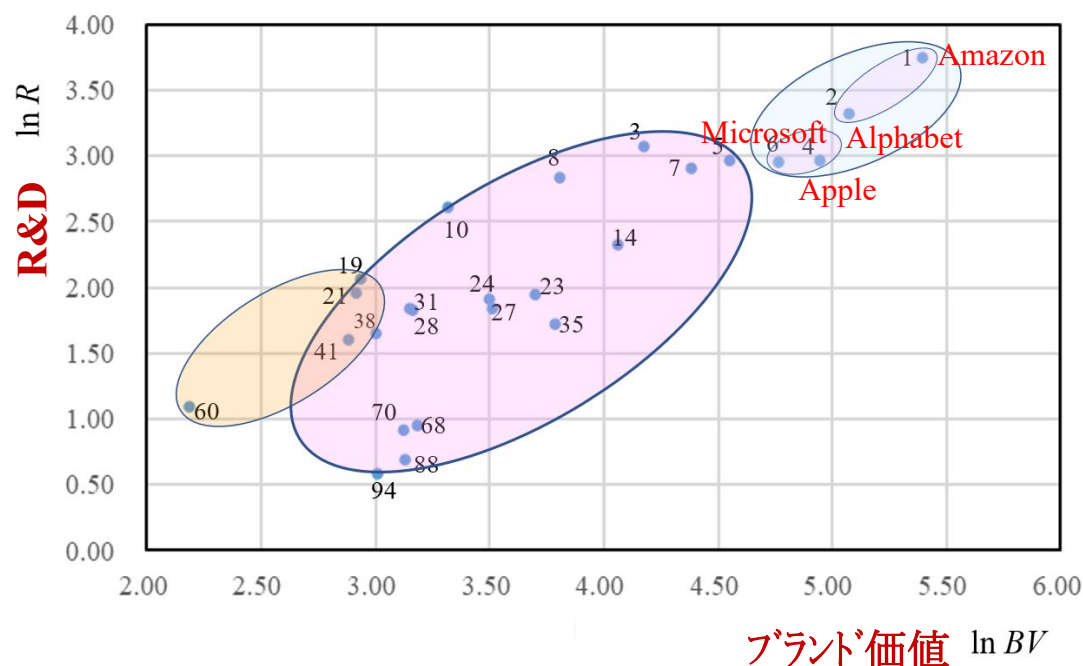
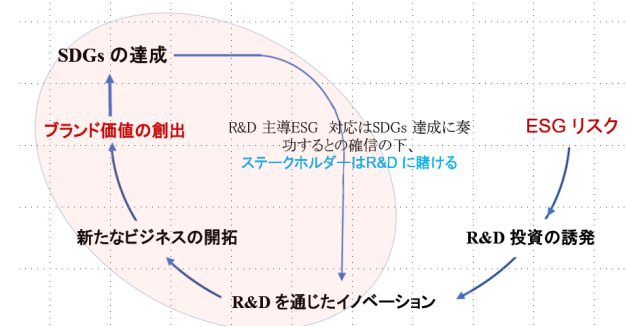


図 A3. 25社のブランド価値と R&Dの相関 (2020).



A4. Perspective of the Digitalization of the Forest Industry

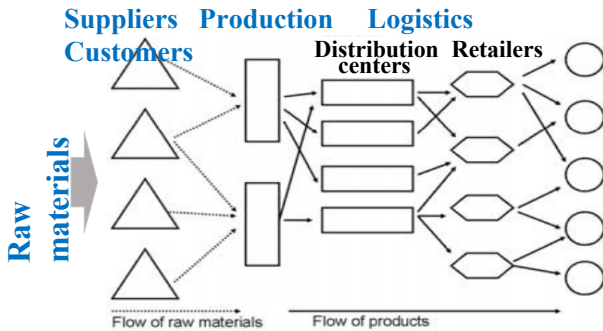


Fig. 1. Supply Chain of the Forest Industry.*1

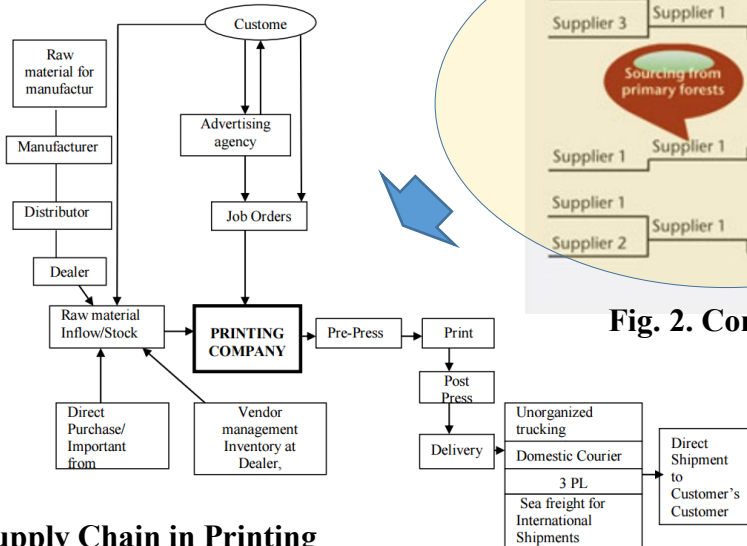


Fig. 3. Supply Chain in Printing Industry.*3

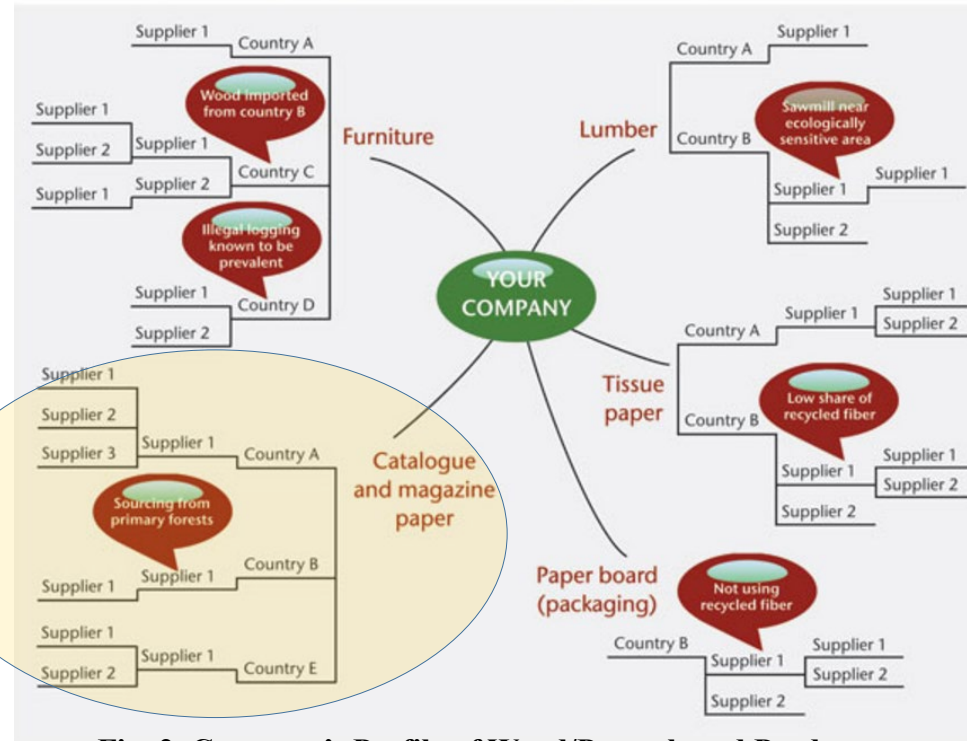


Fig. 2. Company's Profile of Wood/Paper-based Products.*2

Toward Industry 4.0 A Vision*4

Raw materials

Real time information on amount, condition, maturity

Suppliers

Real time connection to customers, paper producers

Production

Automation, centralized, optimization based on real time input

Logistics

Self-organized and flexible based on real time information, Optimizes route planning

Customers

Access to real time information on supply and demand. Direct and open communication between end consumers Digitalization of catalogue, magazine, newspaper, book, Paperless society

*1 Helene Gunnarsson, 2007. St Supply Chain Optimization in the Forest Industry. Science and Technology. Dissertations No. 1105.

*2 The World Resources Institute and The World Business Council for Sustainable Development.

2016. 10 Things you should know about sourcing wood and paper-based products.

*3 G.V.R.K. Acharyulu, 2014. Supply Chain Management Practices in Printing Industry. Operations and Supply Chain Management 7, No.2, 39-45.

*4 CEPI (Confederation of European Paper Industries), 2016. What Digital Can Do for the Paper Industry?