

Title	GX債券に学ぶR&Dポートフォリオ最適化とハイテク資金調達スキーム
Author(s)	若林, 秀樹; 飯島, 良介
Citation	年次学術大会講演要旨集, 39: 1070-1075
Issue Date	2024-10-26
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/19519">http://hdl.handle.net/10119/19519</a>
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

# 2 G 2 2

## G X債券に学ぶR & Dポートフォリオ最適化とハイテク資金調達スキーム

○若林秀樹、飯島良介(東京理科大 MOT)  
[wakabayashi.hideki@rs.tus.ac.jp](mailto:wakabayashi.hideki@rs.tus.ac.jp)

### 1. はじめに

ハイテク産業はイノベーション創出にリスクを伴う R&D に多額の資金を使うため、ポートフォリオと資金調達は極めて重要な問題である。資金特性に対応し、R&D のリスクとリターン、実用化までの期間のバランスの中で最適化が必要だ。実業である R&D と金融では、シナジー創出有無、はじめ多くの差異はあるが、リスクとリターンと期間のバランスや損切り条件等ポートフォリオ理論が参考になる。

カーボンニュートラル、6G 等巨額 R&D を必要とする課題が増えている。公益と私益の両立が必要だろう。国は GX 推進に必要な資金を GX 債券(GX 経済移行債、以下、GX 債)発行で調達したが、そのリスクリターンは、通常の国債や社債と比べ、資金使途が R&D 要素が大きいため、リスクが高い可能性がある。参加者は EBITDA や成長等を要求され、プロジェクト成果では炭素削減などの KPI が設定されている。数多いプロジェクト管理をどう設定するか、リターンリスク特性も時間軸も異なる可能性がある GX 債で投資側と投資される側のリスクリターンの認識は一致しているのだろうか。投資家層の変化もあり、GPIF に加え日銀 ETF が生まれ、今や日銀はハイテク企業も含め多くの上場企業の筆頭株主である。また MBO ではファンドと企業のリスクリターンと時間軸の認識差が問題となっている。GX 債に限らずリスクとリターンや時間軸での認識等につき投資家と事業側の双方での共有が重要だ。

以上の問題意識のもと、GX 債のような公益 R&D を対象とする基金のリスクリターンや期間の管理のあり方、リターン最大化か、リスク最小化か、シャープレシオ最大化か、VaR 的視点か。リターンといっても、様々な目標 KPI がある中でどう設定すべきかについて考察する。また、ポートフォリオ効果を、総合電機の事業ポートフォリオおよび R&D での基礎/応用/開発の三段階ポートフォリオでシミュレーションを行い検証、VaR のポートフォリオ効果を確認した。

### 2. 先行研究

R&D のポートフォリオについては多くの先行研究がある。NISTEP 松本久仁子、伊神正貫は PPM を参考に ARPM 分析を提案、優位性指標と将来性指標の 2 つの指標を用い研究分野を 4 類型(萌芽期、開花期、収穫期、種子期)に分類実施して分析した [1]。宮本明美、小川康(インテグラート)は定量的アプローチによる研究開発ポートフォリオを最適化する手法を提案した [2]。枇々木規雄「研究開発プロジェクト選択問題に対する平均・分散アプローチによる資本予算モデル」[3] や宗澤拓郎「研究開発マネジメント方法論の提唱」[4] などがある。

しかし、R&D ポートフォリオにつき時間軸からの視点や、投資される側も含め、リスクとリターンに応じた資金調達構造の議論は少ない。更に公益 R&D の視点から GX 債についての議論は見られない。

### 3. GX 債と東大債の発行の意味～公益 R&D

国は 2050 年カーボンニュートラルの国際公約と産業競争力強化経済成長を同時に実現していくために今後 10 年間で 150 兆円を超える官民の GX 投資のため 10 年間で 20 兆円規模の GX 債を発行した[5]。

図表 1 GX 債の概要 (出所) 経産省等から抜粋

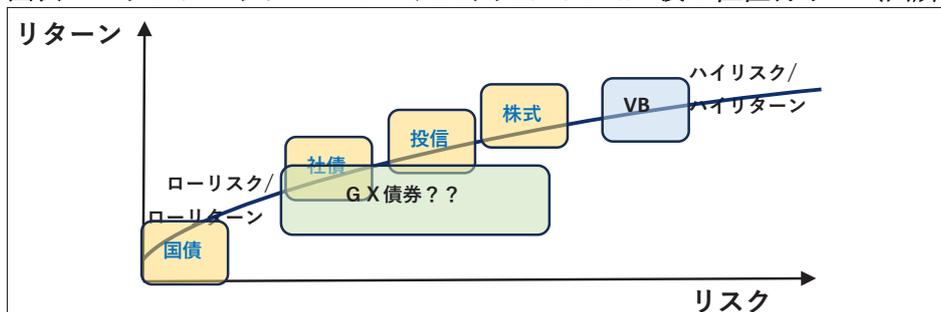
GX 経済移行債による投資促進策 (案)					
	官民投資総額	GX 経済移行債による主な投資促進策	措置済み (R4 補正～R5 補正) 【約 3 兆円】	R6FY 以降の支援額 (国庫債務負担行為) ※ R6FY 予算額: 線下線	備考 ※ 設備投資 (製造設備導入) 支援の補助率は、原則 中小企業は 1/2、大企業は 1/3
製造業	鉄鋼	・製造プロセス転換に向けた設備投資支援 (革新電炉、分解炉熱源のフューエル化、タミカリサイクル、ハイガス加、CCUS、バイオファイバー等への転換)		5年: 4,844 億円 (327 億円)	・4 分野 (鉄、化学、紙、セメント) の設備投資への支援 総額は 10 年間で 1.3 兆円規模 ・別途、G1 基金での水素還元等の R&D 支援、グリーンフェーズ/グリーンガミ加の生産量等に応じた税額控除を措置
	化学				
分業横断的措置	紙パルプ	・中小企業を含め省エネ補助金による投資促進等 ・ダイバーシティ・スタートアップ育成支援 ・G1 基金等による R&D ・GX 実装に向けた GX 機構による金融支援 ・地域脱炭素交付金 (自営線イカリッド等)	3,400 億円	410 億円	・3 年間で 7000 億円規模の支援 ・5 年間で 2000 億円規模の支援 (GX 機構の交付金支援を含む) ・令和 2 年度第 3 次補正で 2 兆円 (一般会計) 措置 ・債務保証によるファイナンス支援等を想定
	セメント		8,060 億円	1,200 億円	
			30 億円	60 億円	
税制措置		・グリーンフェーズ、グリーンガミ加、SAF、EV 等の生産量等に応じた税額控除を新たに創設			※ 上記の他、事務費 (GX 経済移行債の利払費等) が 596 億円
<b>R6FY 以降の支援額: 2兆3,905 億円 (赤の合計) (R6FY 予算額: 6,036 億円 (線下線)) 【措置済み額と青字を含めると約 13 兆円を想定】</b>					

半導体全体ではパワー以外でも官民合計で 12 兆円だが、2022~2023 年度予算では AI 半導体、光電融合支援に 1031 億円がある。GI 基金 R&D は全体で 8060 億円の他、GX 実装に向けた GI 機構による金融支援として 1200 億円があり、債務保証によるファイナンス支援想定もある。これらの多くが国から NEDO を通じ委託や補助として企業や大学国研に使われる。興味深いのは成果目標記載だ。抽象的な目標から、省エネ量など具体的な KPI が定められている。中でも、ポスト 5G では、「開発した技術の実用化確率が累計で 50%以上」と記されている。

また、東大債 [6] は国内大学の起債は初だが、国立大学法人法施行令の改正により資金使途が先端研究教育の施設・設備の建設などにも広がり、償還原資を同施設・設備からの直接的収入に加え、大学全体の余裕金充当が認められるようになった。問題点は償還原資の不安で収支は赤字状態にあり収入の過半は国からの交付金と付属病院からが占め、他は受託研究や授業料寄付金である。償還原資として大きく伸長するような事業収益は見当たらない。調達の目的も基礎研究が多い。

こうしたリスクのある公的 R&D のための債券である GX 債も東大債が従来のポートフォリオの中でどこに位置付けられるか。また、リスクやリターンその他の比較整理が必要だろう。

図表 2 リスク・リターンポートフォリオでの GX 債の位置付け (出所) 若林秀樹 2024



金融と事業、R&D での差異を整理する。時間軸では、金融は短く短期ランダムだが、事業や R&D は 1~20 年でランダム性も異なる。金融はショート、レバレッジもある。事業や R&D はショートできない。事業や R&D はシナジーが期待され、金融では相関関係は低い方が安定する。相関係数の考え方(時間が変わった時の変化の感応度もある)。リターンはプラスマイナスがあり時間軸に独立だが R&D の成功確率は単調増加と見做せる<sup>1</sup>。さらに、ポートフォリオの条件で R&D はリスク最小(適度なリスクか)でいいか? など考えるべき点が多い。

図表 3 各種ポートフォリオでの考え方の比較 (出所) 若林秀樹 2024

	金融				メタファ	
	債券	GX債券 東大債	戦債債	株式	事業	R&D
リターン	償還までは変動、最終は利息確定	通常の債券と同様だが GX やイノベーション貢献	通常の債券と同様だが 勝利貢献	値上がりと配当 株主還元、経営参加	利益等 (プラスマイナス)	成功確率 通常は、増大 > 0
リスク	低め 償還までは変動、金利やインフレ、デフォルト有り	低い? 通常の債券と同様だが プロジェクト失敗なら 国家は破綻?	低くはない 戦況による 通常の債券と同様だが 敗戦なら国家破綻?	高め 業績で多様、流動性 インフレや為替など デフォルト有	やや高い 失敗時 ポートフォリオでは 時間軸で同期も	高い 失敗時 複数プロジェクト では時間軸で同期
期間	途中で売却無くば 予め確定 5年、10年、20年	同左、 GXは5年と10年、 東大は40年	日露戦争は7年、20年	平均保有期間 3~5年	事業サイクル (経営重心固有周期)	開発 数年 応用 5~10年 基礎 10年以上
リスクリターンと期間等	イールドカーブ (通常は傾き正)	プロジェクト成功だと 利回り低下?	戦況良いと利回り低下 (発行条件良化)	長期がリターン大 業績動向で変化	事業により様々	R&D 中身で様々
原資	国(税金?信用)	国や企業の信用炭素税等	国(税金?賠償金?)	会社の利益など	得られる利益等	得られる利益等
ポートフォリオでのシナジー	なし(相関係数低)が望ましい	なし(相関係数低)が望ましい	なし(相関係数低)が望ましい	なし(相関係数低)が望ましい	必要	必要

そこで、事業と R&D のポートフォリオにつき分析した。ポートフォリオ効果を総合電機の事業と R&D の基礎/応用/開発でシミュレーションを行った。

### 事業ポートフォリオ

総合電機は現在ビジネスモデルも変わり、ポートフォリオ再編もあり比較できない。重電 3 社、日立、東芝、三菱電機は IT(コンピュータ、通信機)、重電、デバイス(半導体等) の売上構成が最適だったか、条件を変え、ソルバー機能で検証した。85~96 年度の 10 年間のセグメント別営業利益率を使った。

<sup>1</sup> NEDO 分析では減少もあるとの研究方法もある

結果は3セグメントをバランス良く持つのではなく、2つあるいは、東芝の場合は半導体だけでも良かったという結果となった。ポートフォリオを変えるよりもそのリスクリターンをどう設定するか会社の戦略性や価値観、それを株主が期待しているかどうか重要な点。

図表4 重電3社の事業ポートフォリオの再検証 (出所)若林秀樹 2024

		実際のポートフォリオ				最適ポートフォリオ					
		デバイス	IT	重電	全体	要求営業利益率	デバイス	IT	重電	標準偏差	
日立	売上構成比	15.0%	38.0%	48.0%	家電等あり	4.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.2%	
	営業利益率	平均	6.1%	5.4%	4.9%	4.9%	5.0%	0.0%	89.1%	10.8%	0.0%
		標準偏差	6.2%	3.6%	0.5%	1.5%	6.0%	83.9%	16.1%	0.0%	1.1%
東芝	売上構成比	23.0%	46.0%	31.0%	家電等あり	4.0%	100.0%	0.0%	0.0%	8.1%	
	営業利益率	平均	11.1%	2.8%	4.1%	3.7%	6.0%	27.1%	0.0%	72.9%	4.2%
		標準偏差	8.1%	1.6%	0.8%	2.1%	8.0%	55.6%	0.0%	44.4%	6.0%
三菱電機	売上構成比	22.0%	20.0%	58.0%	家電等あり	4.0%	2.3%	16.6%	81.0%	1.4%	
	営業利益率	平均	4.3%	1.1%	8.1%	4.6%	5.0%	2.6%	40.1%	57.4%	0.0%
		標準偏差	8.4%	4.5%	2.5%	1.5%	6.0%	0.0%	30.1%	69.9%	1.0%

ウエイト		個別リターン(営業利益率)			リターン	リターン(営業利益率)				
デバイス	IT	重電	デバイス	IT	重電	全体	年度	デバイス	IT	重電
56%	0%	44%	11%	3%	8.0%	1.6%	86年度	2.4%	2.4%	3.6%
100%			3%	4%		3.1%	87年度	6.4%	3.3%	4.0%
86-95年度平均	23%	46%	31%			6.5%	88年度	23.3%	4.7%	4.1%
						7.4%	89年度	25.0%	5.4%	5.2%
						5.6%	90年度	18.6%	3.1%	3.6%
						2.5%	91年度	4.9%	1.1%	4.6%
						1.7%	92年度	2.4%	3.1%	5.3%
						1.5%	93年度	4.7%	1.8%	4.4%
						2.7%	94年度	10.8%	-0.3%	2.7%
						4.3%	95年度	12.7%	3.2%	3.4%
						6.3%	96年度	11.3%	3.8%	4.3%

分散共分散行列				ウエイト	
デバイス	IT	重電	デバイス	IT	重電
0.0065341	0.00078614	2.77977E-06	56%	0%	
0.00078614	0.000245668	6.23156E-05	0%	44%	
2.77977E-06	6.23156E-05	5.90382E-05			44%

R&D ポートフォリオ

R&D 実用化フェーズ(基礎/応用/開発、リニアモデル前提)で一般的に妥当とされる成功確率をおき、基礎/応用/開発の最適ウエイトにつき、前提を変えシミュレーションを行った。リスク最小と成功確率最大では多くの場合、三つのフェーズがバランス良く配分されない。基礎や応用を予め設定しないと難しい。R&Dにおいて、そもそも、リスク最小なのか、あるべき成功確率はどのようなのかは、これもまた、R&D プロジェクトの戦略性や価値観、投融資側の許容度となる。ポートフォリオ管理ではリスク最小や成功確率最大では失うものが大きいかもしれない。

図表5 R&D ポートフォリオ(基礎応用開発)の検証 (出所)若林秀樹 2024

リスク	リターン 成功確率	基礎	応用	開発	条件
5.1%	10%	0%	0%	100%	$\sigma$ min
5.1%	50%	0%	0%	100%	$\sigma$ min
9.6%	50%	0%	86%	14%	$\sigma$ max
10.2%	10%	0%	100%	0%	$\sigma$ max
7.1%	65%	0%	32%	68%	$\sigma$ max
5.1%	30%	10%	0%	90%	基礎10% $\sigma$ min
6.4%	30%	10%	20%	70%	応用20% $\sigma$ min
6.4%	50%	10%	20%	70%	応用20% $\sigma$ min
6.4%	65%	0%	20%	80%	応用20% $\sigma$ min

ウエイト				個別リターン(R&Dの成功確率)			リターン	基礎 応用 開発		
基礎	応用	開発	基礎	応用	開発	基礎	1	2	3	4
0%	20%	80%	24%	46%	74%	68.4%	5%	10%	15%	25%
							30%	30%	30%	30%
							40%	40%	40%	40%
							50%	50%	50%	50%
							60%	60%	60%	60%
							70%	70%	70%	70%
							80%	80%	80%	80%
							90%	90%	90%	90%

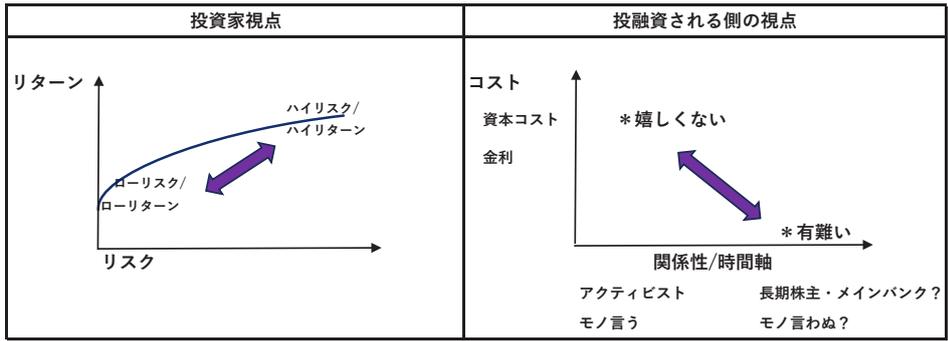
分散共分散行列				ウエイト	
基礎	応用	開発	基礎	応用	開発
0.008525	0.0104	0.0026	0%	20%	80%
0.0104	0.0324	0.0096			
0.0026	0.0104	0.0026			

4. 投融資する側と投融資される側の矛盾

これまでは投資する側と投資される側でリスクやリターンなどについて、一定の合意や暗黙の了解があったが、投資する側は純投資だけでなくアクティビストやMBOファンドに加え日銀ETFも増える等変化があり、投資される側もMBO企業、GXを推進する企業やNEDOプロジェクト、東大と多様化する中で、リスクリターンや時間軸での認識は一致しているだろうか。通常、投融資側はリスクやリターン等で、株はリスクリターン期限もFIXされないが、債券はリスクとリターン、リスクはある程度FIX、期限がFIXされる。

投融資される側は、リターンに相当するのは株主コストや利率であり低い方がよく、リスクは期間や経営への介入度合や関係性だろう。近年多くのMBOで特に時間軸での認識差が問題となっている[7]。事業の時間軸が短い非製造業やITではファンドと企業の認識は近い。しかし、R&Dによる長期成長が基本戦略であるハイテク企業では認識差が著しく、ファンド側は、短期リターンを求め、事業の切り売り再編、コストカットを要求する。これが更に長期のR&DとなるGX債が対象とする場合には時間軸での認識差が懸念される。

図表 6 投資(投融資)する側と投融資される側の視点、認識は一致しているか (出所)若林秀樹 2024

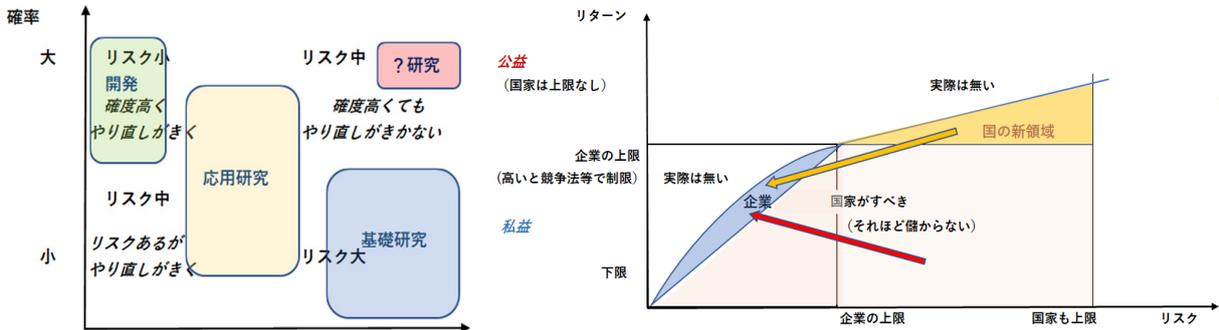


### 5. 公益の R&D

カーボンニュートラル、廃炉、AI、6G、自動運転等巨額のリソースを要する分野でイノベーションを社会実装するには従来と異なる R&D 政策イノベーションモデルが必要となる。ハイテク企業も国家安全保障にも関係する上公共部門が顧客になる場合も多い。こうした公益を重視した R&D を考える上でリスクとリターンやポートフォリオは異なる。R&D リスクは確率と期間が要因となるが短期で確率が高いのは開発、長期で確率が低いのは基礎研究であり間に応用研究がある。リスクが中程度でも確率が低い短期で再試行がきく領域と確度が高くて長期でやり直しがきかない領域がある。これまで、この中リスクの領域が同等に扱われてきたが実際には異なる。

金融でよく使われるリスクリターンの効率的フロンティア曲線を適用する場合、リスクが小さい割にリターンが大きい領域が無いのは R&D でも金融でも同様である。リターンが高すぎる場合、ビジネスモデルや経営力にもよるが、寡占による場合も大きく競争法などで制限され上限が決まる。リスクの軸では企業として上限が存在する。もちろん国においても上限は存在するだろう。企業が利益を追求する存在である以上は、R&D のリスクとリターンにおいても、効率的フロンティア曲線近傍の比較的狭い領域に分布する。曲線の左上では美味しい分野であり参入が増え、右下は儲からず撤退となる。それゆえこの領域は利益を追求しない公共の領域(図で直角三角形)となる。図では広いが横軸近傍は不採算であり実際は存在しない。注目すべきはリスク軸で企業の上限と国家の上限に挟まれリターンで企業の上限以下の四角形の部分であり企業はできないが、やるべきテーマも多い。長期の基礎研究、DARPA や電通研、NEDO 等の領域である(リスク軸で企業の上限と国家の上限に挟まれ、リターンで企業の上限以下の四角形の部分)である。ここは成功すれば意外と高収益化が期待できる領域で GAFA 等や R&D プラットフォームが手掛けているかもしれない [8]。同時に、カーボンニュートラルや 6G など、まさに、GX 債が対象とする領域であろう。

図表 7 R&D 基礎応用開発 (出所)若林秀樹 2024 図表 8 公益 R&D (出所)若林秀樹 2024

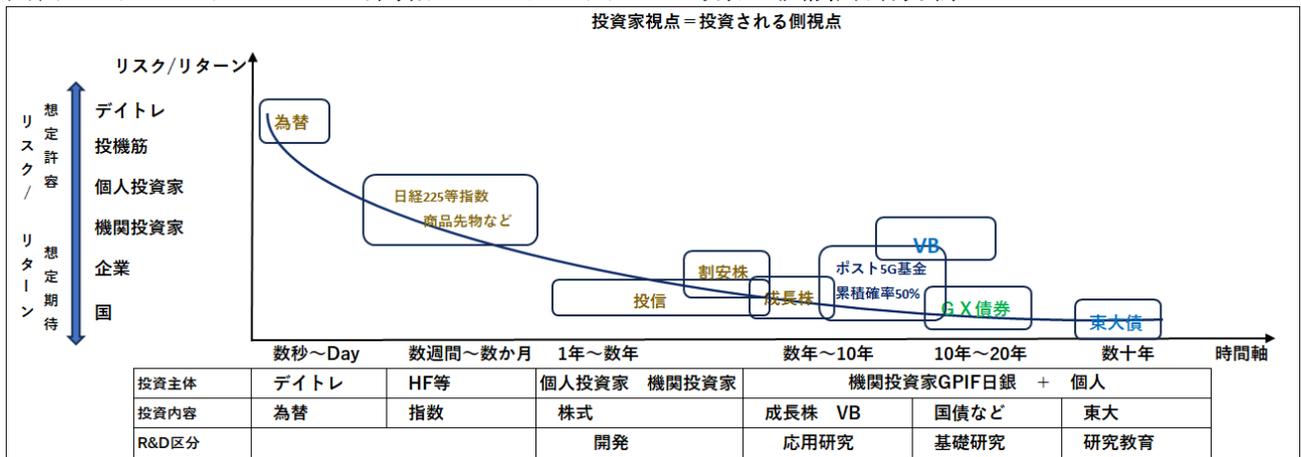


### 6. R&D ポートフォリオの最適化に向けて時間軸を入れる

金融ポートフォリオ理論ではリスクを横軸にリターンを縦軸におくが、基本はリスクとリターンは、比例する。ポートフォリオ全体では、時間軸の視点はない。株式は、短期と長期は価値観であり時間軸の議論は無い(短期は投機と言われる)。成長株であれば長期が良いとの認識がある。ただ平均保有期間は数年であり企業の事業サイクルや R&D 期間や実用化、事業化の期間より短い。債券では長期と短期で異なり、イールドカーブの議論もある。

R&D ポートフォリオでは、横軸は時間軸である。特に基礎研究では長期が重要である。時間軸によりリスクやリターンの概念も変わってくる。ポートフォリオで短期の場合は、リスクとリターンの二軸でいいが長期要素が増えると、ミスマッチが増えてくる。さらに、投資する側、投資される側の視点でも、横軸は時間軸、縦軸はリスクリターンとすべきではないか。つまり、議論すべきは横軸に時間要素、縦軸がリスクリターンであろう。そこで、投資側/される側の視点も踏まえて、時間軸により、どうリスクリターンが異なるかを示す。ごく短期は、流動性が高い為替や指数取引等デイトレーダーの領域でありボラが高くリターンも高い。1年以上から数年は株式であり投機家もいる。数年は株式の平均保有期間に近く投信も同様である。数年から10年はGPIFや日銀ETFも含めた機関投資家であり、債券も償還期限から、この領域に近い。この中で、多くの場合は、リスクリターンと時間軸は投資家と投資される側で認識に近いが、GX債や東大債等が、どこに位置するかである。GX債でのポスト5G基金の一部プロジェクトの累積成功確率は50%だが、そうであればやや高い。

図表8 リスク/リターンー時間軸 ポートフォリオで考察 (出所)若林秀樹 2024



ポートフォリオをリスクリターンで捉えても、それを条件にしても、最適ポートフォリオは得られず、むしろ、リスクリターンの価値観が重要である。むしろ、時間軸要素を考慮した異なったリスク管理が重要である。そこでポートフォリオ効果をVaRで評価<sup>2</sup>した。想定期間での、最大損失を想定することができる(筆者もHF時代にはポートフォリオのリスク管理で毎日使っていた)。シミュレーションでは、デバイス/IT/エネルギーで一定の前提を置き、VaRでポートフォリオ効果を確認した。バランス良く、ウェイトを変えることで最大リスクを押し下げることが確認できた。

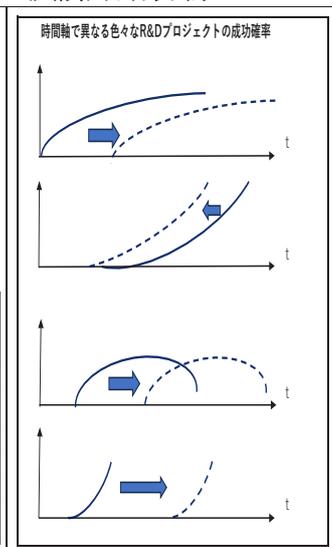
図表9 VaRで確認 (出所)若林秀樹 2024

デバイス	IT	エネルギー	ボラ	期間年	信頼区間	リターン	配分 1000億円	VaR	それぞれ1000億円の場合
デバイス	1	0.7	0.3	25%	5	10%	93	30.1	324.0
IT	0.7	1	0.5	15%	3	1%	845	175.2	207.3
エネルギー	0.3	0.5	1	10%	10	5%	62	16.1	259.9
			17%	6	5%	20%	1000	299.3	
ポートフォリオ効果								205.8	42343.54

リターン	ポートフォリオ VaR	デバイス構成比	IT構成比	エネルギー構成比	デバイス VaR	IT VaR	エネルギー VaR	前提	ボラ	期間年	信頼区間	リターン
15%	196.0	0%	72%	28%	324.0	207.3	259.9	前提				
20%	205.8	9%	85%	6%	324.0	207.3	259.9	デバイス	25%	5	10%	30%
25%	245.9	50%	50%	0%	324.0	207.3	259.9	IT	15%	3	1%	20%
27%	274.0	70%	30%	0%	324.0	207.3	259.9	エネルギー	10%	10	5%	5%
								前提				
20%	199.79	11%	67%	22%	324.0	207.3	259.9	デバイス	25%	5	10%	30%
25%	245.59	53%	42%	5%	324.0	207.3	259.9	IT	15%	3	1%	20%
27%	273.96	70%	30%	0%	324.0	207.3	259.9	エネルギー	10%	10	5%	15%

図表10 タイミング効果 (出所)若林秀樹 2024



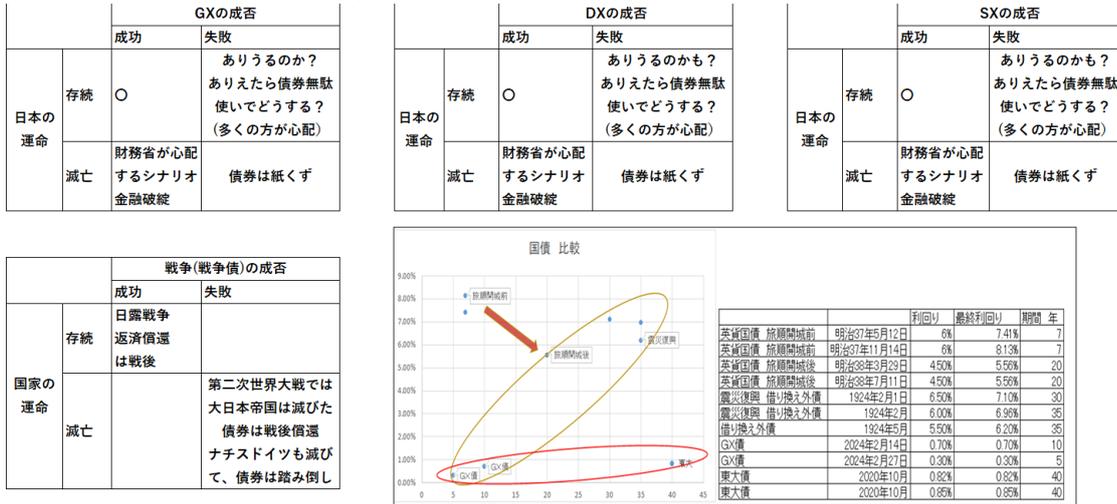
<sup>2</sup> VaR(バリュー・アット・リスク)は過去のデータから統計的に起こりうる最大損失を想定するリスク指標

また今後の課題だが、R&D では時間軸におけるリスクの重なりを避けるため、タイミングをずらす等の工夫をして、基礎、応用、開発で、リソースとリスクの分散効果があるのではないか。

### 7. 考察

公益 R&D 要素があるのは GX だけでなく DX、SX(セキュリティ/セーフティ)もある。これらの成否は国の存亡との関係で捉える必要がある。「金が語る 20 世紀」[9] では国の信用とリスクが見て取れる。ここでは日露戦争の旅順開城前後で大きく利回りが変化している。当時と比べ、東大も国の信用も高いのだろうか。資金を心配し財政が残っても国が減じれば、超インフレで借金もなくなる。

図表 10 GX の成否と国の興廃 (出所) 若林秀樹 2024



### 8. おわりに

R&D プロジェクトに GX 債で資金調達する場合についての論点を指摘し、金融と事業と R&D でのポートフォリオの差異を明らかにして、実際のデータやシミュレーションにより検証した。

第一に、GX 債はユニークな資金調達のあり方で公益 R&D で世界の模範となりうる。ただし全体のプロジェクトとポートフォリオ管理を時間軸も含め最適化、複数の多様な KPI を統一する必要がある。

第二に、リスクリターン志向の価値観と時間軸の認識を投資する側とされる側で共有する必要がある。ポートフォリオ分析では金融でよく使われるリスク・リターン曲線ではなく、横軸に時間軸、縦軸にリスク/リターンで分析することで問題点が明確になる。ポートフォリオ管理ではリスク最小は価値観の差異になり問題が多く最大リスクを VaR 管理が適切だろう。

今後の研究課題だが、ポートフォリオ管理では時間軸リスクを考慮しタイミングをずらすこともありえよう。特に R&D では、基礎、応用、開発で、リソースとリスクの分散効果もある。さらに、株式と債券の間で一種の転換社債のような新たなスキームが必要だろう。NEDO でもプロジェクト毎で起債、DX 債や SX 債も検討すべきだ。ラピダス社も IPO 前に債券発行も面白いだろう。

問題点は極めて多く検証不十分点も多いが、この研究成果に多くの研究者や政策当局者が触発され、問題意識を共有頂き、公益 R&D に向け有益な資金調達の仕組みの登場を期待する。

参考文献 URL は 2024 年 9 月 22 日アクセス

[1] NISTEP 松本久仁子、伊神正貴「研究ポートフォリオ・マネジメントに関する分析フレームワーク (ARPM 分析) の提案と試行的分析」2019 年 [NISTEP-DP-169-FullJ](#)

[2] 宮本明美、小川康(インテグラート) [パブリケーション | インテグラート株式会社 \(integratto.co.jp\)](#)

[3] 枇々木規雄 研究開発プロジェクト選択問題に対する平均分散アプローチによる資本予算モデル 1996

[4] 宗澤 拓郎 [研究開発マネジメント方法論の提唱 \(jst.go.jp\)](#)1997

[5] GX 債 [GX 実行会議 | 内閣官房ホームページ \(cas.go.jp\)](#)

[6] 東大債 [東京大学 FSI 債 \(投資家向け情報\) | 東京大学 \(u-tokyo.ac.jp\)](#)

[7] 三上奈央樹 [再成長型 MBO のメタモルフォーゼ戦略について | CiNii Research](#) 2021 年

[8] 若林秀樹 [公益と利益の両利き時代の R&D 政策と戦略の検証と提言 | CiNii Research](#) 2021 年

[9] 鯖田 豊之「金が語る 20 世紀金が語る 20 世紀」(中公新書 1999)