

CRYPTOSTONE

WHITEPAPER v2.8

分散型環境における
デジタル宝石資産に関する研究

Decentralized Digital Gemstone Protocol

目次

CRYPTOSTONE WHITEPAPER v2.8

1. 序論
2. CryptoStoneを理解する最もシンプルな方法
3. 研究目的
4. プロトコルの信頼原則
5. デジタル宝石資産の基本概念
6. 宝石属性の表現
7. 宝石固有性のデジタル実装
8. 単一コレクションと12種類のストーンの共存
9. デジタル鉱山の構成
10. ハッシュパワー、マイニングパワー、Proof of Mining
11. Mining Pool TemplateとFactory構造
12. ストーン別限定供給量
13. 採掘周期の設計
14. STONE初期発行量の算定
15. STONEの100%公開流通構造
16. Base Mining Unitと少額参加構造
17. Target Pool Powerと長期採掘期間
18. 数値とパラメータに関する解釈
19. マイニングパワーの計算
20. 長期参加補正とFlexible Cooldown
21. Proof of Mining、PoMの蓄積
22. 必要PoM閾値
23. プール難易度の調整
24. 半減期と希少性倍率
25. 採掘速度と供給枯渇の非線形構造
26. Weight属性のデジタル化
27. Color属性のデジタル化
28. Clarity属性のデジタル化
29. Cut属性のデジタル化
30. 属性生成とランダム性の検証
31. Rarity ScoreとProbability Rarity Index
32. 希少度ティア構造
33. 収集価値の形成
34. 分散型採掘構造
35. 採掘コストとSTONEバーン構造
36. ロックアップ減価償却および返還構造
37. 開発構造の選択
38. プロトコル固定原則
39. セキュリティ対応と分散性の均衡
40. 画像とメタデータの位置づけ
41. エコシステム拡張モジュールとGem Refinement
42. ウェブサイト、シミュレーターおよびエクスプローラーの必要性
43. 今後の推進方向
44. 法的事項および投資リスクに関する注意事項
45. プロジェクトの意義
46. 結論

要旨

ビットコインは、現実世界の金を直接担保していないにもかかわらず、限定された供給量、公開されたマイニング規則、分散型ネットワーク、誰もが検証可能な取引構造を通じて、「デジタルゴールド」という新しい資産概念を形成した。ビットコインの本質的な意義は、特定の発行者や中央機関への信頼なしに、コードとネットワークのみでデジタル資産の希少性と所有権を実現できることを証明した点にある。

筆者は、この哲学を宝石という資産概念へ拡張しようとする。現実世界の宝石は採掘量が限定されており、それぞれの宝石は重量、色、透明度、カットといった属性によって異なる希少性と価値を持つ。同じ種類の宝石であっても、個体ごとの属性が異なれば、その価値も異なる。この点において、宝石は本質的に非代替的であり、デジタル環境において固有資産として表現するのに適した特性を持つ。

CryptoStoneは、宝石の採掘性、希少性、等級性、収集性をオンチェーンデータとして表現し、中央サーバーや運営者による恣意的介入なしに、デジタル環境で宝石NFTを採掘できるよう設計された分散型デジタル宝石プロトコルである。各宝石はERC-721ベースのNFTとして表現され、ストーンの種類、重量、色、透明度、カット、採掘時点、採掘されたマイニングプールなどの属性をオンチェーンに記録する。

本プロジェクトは、実物宝石の所有権、担保権、または交換権を提供することを目的としない。筆者が本ホワイトペーパーで提案するものは、現実の宝石が持つ構造的属性、すなわち限定性、採掘性、等級性、希少性、収集性を、デジタル環境において独立した希少資産として実装しようとする研究であり実験である。

ビットコインが金の希少性と採掘性をデジタル化したのであれば、CryptoStoneは宝石の希少性と属性ベースの価値を分散型方式でデジタル化しようとする。

1. 序論

現実世界において、宝石は長い間、価値保存手段、装飾資産、収集資産、象徴的資産として機能してきた。宝石の価値は、単なる物理的存在からのみ発生するものではない。宝石は、採掘の困難さ、埋蔵量の制限、加工の精密さ、等級の違い、収集需要、文化的象徴性によって価値が形成される。

特にダイヤモンド、ルビー、サファイア、エメラルドのような宝石は、同じ種類の宝石であっても個別の属性によってまったく異なる価値を持つ。重量が大きく、色が優れており、透明度が高く、カットが精巧な宝石は、より高い希少性を持つ。この構造は、宝石が代替可能な商品ではなく、個別属性によって価値が変化する非代替的資産であることを示している。

ブロックチェーン技術は、このような非代替的属性をデジタル環境で表現する基盤を提供する。しかし、既存のNFT市場は主に、画像、ゲームアイテム、メンバーシップ、外部コンテンツの所有権またはアクセス権を表現する方式で発展してきた。この場合、NFTの価値は外部画像、中央サーバー、特定プラットフォーム、運営主体に依存する可能性がある。

CryptoStoneはこれとは異なる方向を提案する。CryptoStoneは、外部画像や中央サーバーのコンテンツを証明するためのNFTではなく、NFT自体が宝石の属性データを保有し、その属性そのものによって希少性と収集価値を表現するデジタル宝石資産である。

筆者は本ホワイトペーパーを通じて、現実宝石の物理的所有権をブロックチェーンに移転しようとするのではなく、宝石が持つ希少性と属性ベースの価値を、デジタル環境においてどのように分散型で実装できるかについて述べる。

2. CryptoStoneを理解する最もシンプルな方法

CryptoStoneは、デジタル宝石を採掘するオンチェーンプロトコルである。ユーザーはSTONEを希望する宝石マイニングプールに投入し、時間の経過によりProof of Mining、すなわちPoMの値が十分に蓄積されると、Gem NFTをclaimできる。採掘されたNFTは単なる画像ではなく、ストーンの種類、重量、色、透明度、カット、希少度スコア、採掘時点が記録された固有のデジタル宝石である。

ユーザーは、ダイヤモンド、ルビー、サファイア、エメラルドなど12種類のストーンプールの中から希望するプールを選択できる。各ストーンは異なる供給量、採掘周期、半減期構造を持ち、採掘が進行するほど残存供給量は減少し、希少性倍率は上昇する。

CryptoStoneの中核的体験はシンプルである。

STONEをデジタル鉱山に投入する。
時間の経過によりMining PowerがProof of Mining、PoMとして蓄積される。
必要PoM閾値に到達するとGem NFTをclaimする。
どの宝石が生成されるかは、公開された確率と検証可能なランダム性によって決定される。

つまり、CryptoStoneは「購入するNFT」ではなく、「採掘されるデジタル宝石」を志向する。ユーザーは単に画像を購入するのではなく、公開された規則と固定された確率構造の中で、自分だけのデジタル宝石を採掘する。

3. 研究目的

CryptoStoneの目的は、現実の宝石をそのまま複製したり、実物宝石の所有権をデジタル化することではない。本プロジェクトの目的は、現実宝石が持つ構造的属性、すなわち採掘性、限定性、等級性、希少性、収集性をデジタル環境へ移転することにある。

CryptoStoneは次の問いから出発する。

ビットコインが金を直接担保せずにデジタルゴールドになり得たのであれば、
宝石の希少性、等級性、収集性もまた、分散型デジタル環境で独立した資産として実装できるのか。

筆者はこの問いに対する一つの技術的、経済的、哲学的設計を本ホワイトペーパーで提案する。

目的	説明
属性のデジタル化	宝石の重量、色、透明度、カットをオンチェーン属性として構造化する。
採掘過程の実装	宝石採掘過程をスマートコントラクトベースで実装する。
供給量固定	ストーン別最大発行量と希少性構造を事前に固定する。
分散型参加	中央サーバーなしに誰でもマイニングプールへ参加できるようにする。
属性操作の防止	運営者が宝石の等級や属性を恣意的に操作できないようにする。
収集価値の形成	希少な属性組合せが収集市場で価値として認識され得る構造を作る。
長期拡張性	将来的にAppchainまたはMainnetへ拡張可能な基盤を整える。

4. プロトコルの信頼原則

CryptoStoneは、特定の創設者や運営者の信頼に依存しない構造を志向する。本プロトコルの信頼は、創設者の身元よりも、公開されたコード、固定された発行量、変更不可能な確率表、No Admin Mint構造、検証可能なランダム性、そして誰でも確認できるオンチェーンデータに基づく。

運営者は、特定ユーザーに希少NFTを恣意的に割り当てたり、ストーン別供給量を変更したり、採掘確率を操作してはならない。CryptoStoneの目的は、人の権威ではなくプロトコルの規則によってデジタル宝石の希少性が形成される構造を作ることにある。

信頼原則	説明
Fixed Supply	STONE総発行量とストーン別NFT最大発行量は事前に固定される。
100% Public Circulation	STONEは100%公開流通構造に従う。
No Admin Mint	運営者は任意にGem NFTを発行してはならない。
Immutable Probability	宝石属性の確率表は公開され、finalize後に変更してはならない。
Verifiable Randomness	宝石属性は検証可能なランダム構造によって決定されなければならない。
On-chain Attributes	Gem NFTの核心属性はオンチェーンデータとして記録されなければならない。
Transparent Pools	各ストーンプールの採掘量、残存数量、難易度は公開的に確認可能でなければならない。
Open Verification	誰でもコントラクトと採掘規則を検証できなければならない。

このような構造は、CryptoStoneが特定運営者の裁量ではなく、公開された規則と検証可能なコードによって作動する分散型デジタル宝石プロトコルであることを示している。

5. デジタル宝石資産の基本概念

CryptoStoneは、一つのSTONEトークン、12個の宝石マイニングプール、一つのERC-721 Gem NFTコントラクトで構成される。

構成要素	役割
STONE Token	デジタル鉱山に参加するための単一マイニング資源
12 Gemstone Mining Pools	各誕生石を採掘する独立したデジタル鉱山
CryptoStone Gem NFT	採掘されたデジタル宝石を表現するERC-721ベースの固有資産
Mining Pool Contract	ステーキング、マイニングパワー、難易度、claim条件を管理
Gem NFT Contract	宝石NFTの属性、発行量、所有権を管理

STONEは宝石そのものではない。STONEはデジタル鉱山に参加するためのマイニングパワーの源泉である。ユーザーはSTONEを希望する宝石マイニングプールにステーキングすることでマイニングパワーを獲得し、時間の経過に従ってPoMを蓄積する。

採掘結果物はCryptoStone Gem NFTである。Gem NFTは一つの統合ERC-721コントラクトから発行され、各NFTは自分がどのストーンであるか、どの重量と等級を持つかをオンチェーン属性として保有する。

現実の宝石採掘構造を抽象化すると次のようになる。

現実の宝石採掘	CryptoStone
鉱山	Gemstone Mining Pool
採掘装備およびエネルギー	STONE Token
採掘作業量	Proof of Mining, PoM
採掘結果物	ERC-721 Gem NFT
鉱山難易度	Pool Difficulty
埋蔵量減少	Scarcity Multiplier
宝石鑑定	On-chain Attribute & Rarity Score

6. 宝石属性の表現

宝石の価値は単に種類だけで決定されるものではない。同じダイヤモンドであっても、重量、色、透明度、カットによって市場で異なる価値を持つ。

CryptoStoneは、このような宝石の属性をデジタル環境で表現するため、各Gem NFTに次の四つの核心属性を付与する。

属性	意味
Weight	宝石の重量
Color	宝石の色等級
Clarity	宝石の透明度等級
Cut	宝石のカット等級

これら四つの属性は採掘時点に決定され、ミント後に変更できない。これは現実の宝石が鑑定後に個別属性を基準として評価されることと類似した構造を、デジタル方式で実装したものである。

CryptoStoneにおいて各NFTは、単に「画像ファイルを指すトークン」ではなく、宝石の属性値を直接保有するデジタル資産である。画像、3Dモデル、カード形式の視覚的表現はユーザー体験のための補助要素となり得るが、CryptoStone NFTの本質はオンチェーンに記録された属性データにある。

7. 宝石固有性のデジタル実装

CryptoStoneは、各宝石の固有性を表現するために、さまざまな技術的選択肢を検討できる。代替可能トークン構造、半代替トークン構造、複合トークン構造など複数の方式が可能であるが、CryptoStoneが実装しようとする核心は、各宝石が固有の属性組合せとtokenIdを持つことである。

したがって、CryptoStoneの宝石はERC-721ベースのNFTとして表現される。この選択は特定の技術標準を強調するためではなく、次の機能を実装するための結果である。

実装要件	ERC-721採用理由
各宝石の固有tokenIdが必要	ERC-721は固有tokenIdベースの資産表現に適している。
宝石ごとに異なる属性保存	tokenId別metadataおよびon-chain attribute構造が可能である。
所有権移転記録が必要	標準NFT転送および所有権記録が可能である。
一つのコレクション内で複数ストーンを表現	stoneType属性で12種類のストーンを区分できる。
希少度と取引履歴の追跡	NFT別provenanceおよびrarity trackingが可能である。

つまり、CryptoStoneにおけるERC-721は画像NFTを作るための手段ではなく、デジタル宝石の固有性と属性ベースの資産性を表現するための技術的コンテナである。

8. 単一コレクションと12種類のストーンの共存

CryptoStoneは12種類のストーンをそれぞれ別個のNFTコレクションに分離しない。すべての宝石は一つのERC-721 Gem NFTコントラクトから発行される。

ただし、各NFTは stoneType 属性を通じて、自分がどの宝石であるかを区分される。

Token ID	Stone Type	Weight	Color	Clarity	Cut
#10291	Diamond	3.42 CT	D	VVS1	6 Star
#58102	Ruby	8.13 CT	G	VS2	4 Star
#77410	Sapphire	1.25 CT	E	IF	5 Star

この構造は次の利点を持つ。

利点	説明
コレクション統合	CryptoStoneという一つのコレクション・アイデンティティを維持する。
取引データ集中	マーケットプレイスにおけるコレクション価値と取引データの分散を防止する。
希少度管理の容易性	すべての宝石を一つのrarity ranking体系で比較できる。
ストーン別個別性の維持	stoneType属性で各宝石の独立性を表現する。
供給量制限可能	NFTコントラクト内部でストーン別max supplyを検証できる。

NFTコントラクトはストーン別発行量を別途管理する。

```
maxSupplyByStone[Diamond] = 110,000
mintedByStone[Diamond] < maxSupplyByStone[Diamond]
```

したがって、Diamond Poolからミント要求が入ったとしても、Diamondの最大発行量に到達すれば、それ以上Diamond NFTは発行されない。

9. デジタル鉱山の構成

CryptoStoneにおいて各ストーンは一つの独立したデジタル鉱山と見なされる。

Pool	説明
Garnet Pool	Garnet NFT採掘
Amethyst Pool	Amethyst NFT採掘
Aquamarine Pool	Aquamarine NFT採掘
Diamond Pool	Diamond NFT採掘
Emerald Pool	Emerald NFT採掘
Pearl Pool	Pearl NFT採掘
Ruby Pool	Ruby NFT採掘
Spinel Pool	Spinel NFT採掘
Sapphire Pool	Sapphire NFT採掘
Opal Pool	Opal NFT採掘
Topaz Pool	Topaz NFT採掘
Zircon Pool	Zircon NFT採掘

各マイニングプールは同じSTONEトークンを使用するが、異なる採掘条件を持つ。

項目	意味
Stone Type	当該プールで採掘される宝石種類
Max Supply	当該ストーンの最大発行量
Base Mining Interval	基本採掘周期
Target Pool Power	基準マイニングパワー
Current Pool Power	現在プールに蓄積されたマイニングパワー
Minted Supply	現在までに採掘された数量
Pool Difficulty	全体参加度に応じた難易度
Scarcity Multiplier	半減期ベースの希少性倍率

現実においてダイヤモンド鉱山とルビー鉱山の埋蔵量が異なるように、CryptoStoneでも各ストーンは異なる総量と採掘難易度を持つ。Diamondが多く採掘されたからといってRubyの難易度が上昇するわけではない。Rubyが枯渇に近づいたからといってSapphireの供給量が減少するわけでもない。

各ストーンは独立したデジタル埋蔵量と採掘構造を持つ。

10. ハッシュパワー、マイニングパワー、Proof of Mining

ビットコインにおいて、採掘者はハッシュパワーを通じてブロック生成の確率を得る。ハッシュパワーが高いほどブロックを発見する可能性は高まるが、ビットコインの全体発行規則や難易度構造を恣意的に変更することはできない。すなわち、ハッシュパワーはネットワーク規則を変更する権限ではなく、定められた規則の中でより多くの採掘機会を得るための計算資源である。

CryptoStoneはこの概念を、デジタル宝石採掘構造に合わせて抽象化する。CryptoStoneにおいてハッシュパワーに対応する概念はMining Powerであり、Mining Powerが時間に従って蓄積された作業量がProof of Mining、すなわちPoMである。

Bitcoin	CryptoStone
Hash Power	Mining Power
Proof of Work	Proof of Mining, PoM
ASIC / Mining Equipment	Staked STONE
Block Reward	Gem NFT
Network Difficulty	Pool Difficulty
Halving	Scarcity Multiplier
BTC Issuance	Gem NFT Minting
Miner	STONE Staker / Gem Miner

PoMは別途送信または取引されるトークンではない。PoMはユーザーの採掘参加と時間経過をコントラクトが記録するオンチェーン作業量指標である。またPoMはネットワーク合意アルゴリズムを意味しない。CryptoStoneのPoMは、特定ストーンプールでユーザーがGem NFTをclaimできる条件に到達したかを判断するためのプロトコル内部値である。

ユーザー (i) が特定ストーンプール (j) にステーキングしたSTONE数量を ($s_{\{i,j\}}$)、ロックアップ期間による倍率を (L_i) とすると、ユーザーのマイニングパワー ($P_{\{i,j\}}$) は次のように定義される。

$$P_{\{i,j\}} = s_{\{i,j\}} \times L_i$$

ユーザーのPoM値は時間に従って次のように蓄積される。

$$PoM_{\{i,j\}}(t + \Delta t) = PoM_{\{i,j\}}(t) + P_{\{i,j\}} \times \Delta t$$

ここで ($PoM_{\{i,j\}}(t)$) は、ユーザー (i) がストーンプール (j) において時点 (t) まで蓄積したProof of Mining値である。

PoMはストーンプール別に独立して蓄積される。たとえばDiamond Poolで蓄積されたPoMはDiamond NFTのclaimにのみ使用でき、Ruby PoolまたはSapphire PoolのPoMへ変換することはできない。この構造は、各ストーンプールの独立性、希少性、採掘難易度を保護する。

マイニングパワーが高いユーザーは、より早く必要PoM閾値に到達できるが、宝石の希少度確率を恣意的に高めたり、特定等級の宝石を選択することはできない。

11. Mining Pool TemplateとFactory構造

12個のMining Pool Contractは、互いに異なるロジックを持つ別個の開発物ではない。すべてのプールは、同一に監査されたMining Pool Templateを基盤としてデプロイされる。各プールは同一の核心ロジックを使用し、次のパラメータのみを異なる値に設定する。

パラメータ	説明
stoneType	当該プールで採掘されるストーン種類
maxSupply	当該ストーンの最大発行量
baseMiningInterval	基本採掘周期
targetPoolPower	基準マイニングパワー
scarcitySchedule	ストーン別半減期構造
poolAddress	NFTコントラクトが許可するミント権限アドレス

このため、CryptoStoneはPool Factory構造を使用できる。Pool Factoryは同一のMining Pool Templateを基盤として12個のストーン別プールを生成し、デプロイ後に各プールの核心パラメータを固定する。

利点	説明
コード一貫性	12個のプールが同一ロジックを使用する。
監査効率性	一つのPool Templateを中心にセキュリティ監査が可能である。
リスク低減	プールごとに異なるコードによる例外的バグの可能性を縮小する。
パラメータ透明性	各プールの差異は公開された固定値によってのみ発生する。
拡張性	将来的に新しいストーンプールを拡張する際にも同じ構造を活用できる。

したがって、CryptoStoneは「12個の独立鉱山」という経済的構造を維持しつつ、開発上は同一で検証可能なスマートコントラクトテンプレートを使用することで、安全性と透明性を高める。

12. ストーン別限定供給量

CryptoStoneの12種類のストーンは、それぞれ異なる総発行量を持つ。この構造はストーン種類そのものに一次的希少性を付与する。

Month	Stone	Meaning	Max Supply
January	Garnet	Friendship	160,000
February	Amethyst	Sincerity	170,000
March	Aquamarine	Happiness	180,000
April	Diamond	Love	110,000
May	Emerald	Luck	120,000
June	Pearl	Wealth	150,000
July	Ruby	Peace	130,000
August	Spinel	Wisdom	190,000
September	Sapphire	Truth	140,000
October	Opal	Hope	200,000
November	Topaz	Health	210,000
December	Zircon	Victory	220,000

総Gem NFTの最大発行量は次の通りである。

Total Gem NFT Max Supply = 1,980,000

Diamondは最も少ない供給量を持ち、Zirconは最も多い供給量を持つ。したがって、ストーン種類そのものが希少性の一要素となる。

グローバルコレクションの観点で、特定ストーン(j)の供給比率は次のように表現できる。

$$P_{\text{stone},j} = N_j \div N_{\text{total}}$$

ここで (N_j) は特定ストーンの最大発行量であり、(N_{total}) は全体Gem NFT最大発行量である。この値は、後述する確率ベース希少度指標において、ストーン種類の相対的希少性を説明する基礎値として活用され得る。

CryptoStoneの総Gem NFT供給量は、単一の希少NFTコレクションの単純発行量を意味しない。これは12個のストーンプールと多層属性組合せで構成された長期採掘型デジタル宝石資産群を意味する。希少性は

総数量だけで決定されるものではなく、ストーン種類、採掘時点、半減期区間、Weight、Color、Clarity、Cut、tokenId、Probability Rarity Indexが複合的に作用する。

したがって、CryptoStoneにおける1,980,000個の総供給量は、短期イベントのための大量発行構造ではなく、長期間にわたり多様な参加者が異なるストーンと属性組合せを採掘できるよう設計されたデジタル宝石エコシステムの総埋蔵量として解釈されるべきである。

13. 採掘周期の設計

各ストーンは異なる基本採掘周期を持つ。

Stone	Base Mining Interval
Garnet	170,000 sec
Amethyst	160,000 sec
Aquamarine	150,000 sec
Diamond	220,000 sec
Emerald	210,000 sec
Pearl	180,000 sec
Ruby	200,000 sec
Spinel	140,000 sec
Sapphire	190,000 sec
Opal	130,000 sec
Topaz	120,000 sec
Zircon	110,000 sec

基本採掘周期が長いほど、同一のマイニングパワーで採掘することが難しい。したがって、ストーン別希少性は次の二つの要素によって一次的に形成される。

要素	説明
Max Supply	当該ストーンの総発行可能数量
Base Mining Interval	基準マイニング単位で1個を採掘するのにかかる時間

たとえばDiamondは供給量が最も少なく、基本採掘周期も最も長い。これはDiamondがCryptoStoneエコシステム内で最も高い構造的希少性を持つように設計されたものである。

14. STONE初期発行量の算定

CryptoStoneは、12種類のストーン別トークンをそれぞれ発行せず、一つのSTONEトークンを使用する。

初期総発行量は次のように設定する。

```
STONE Initial Total Supply = 1,200,000,000 STONE
Additional Mint = なし
```

STONEを1,200,000,000個に設定する理由は、単にトークン数量を拡大するためではない。CryptoStoneは将来的に100,000人以上のユーザーが多様な規模でマイニングプールに参加できる構造を志向する。このためには、少額参加者、中規模参加者、高マイニングパワー参加者がすべて自然に参加できる単位構造が必要である。

1,200,000,000 STONE構造では、100,000人以上の参加者を前提としても、数千STONE単位の自然な参加UXを設計できる。これは少額参加者には参入障壁を下げ、中規模参加者には実質的なマイニング参加単位を提供し、高マイニングパワー参加者には長期的な採掘戦略を可能にする。

したがって、12億個の発行は供給を無分別に増やすことではなく、より広いユーザー基盤とProof of Mining構造を受け入れるための単位設計として解釈されるべきである。

```
Expected Active Mining Ratio = 約30%~40%
```

```
1,200,000,000 STONE × 40%
= 480,000,000 Active Mining STONE
```

100,000人の参加者を基準とすると、平均active stakeは次の通りである。

```
480,000,000 STONE ÷ 100,000 users
= 4,800 STONE per user
```

つまり、1,200,000,000 STONE構造は、大規模な参加者基盤を受け入れながらも、少額参加者がマイニングエコシステムへアクセスできるようにするための設計である。

15. STONEの100%公開流通構造

CryptoStoneにおいてSTONEは、デジタル宝石採掘に参加するための単一マイニング資源である。筆者は、STONEの配布構造が特定内部者に事前に権利を付与する方式よりも、誰でも同一条件でアクセスできる公開市場構造に従うことが、CryptoStoneの哲学に合致すると考える。

したがって、STONEは100%公開流通構造に従う。これはSTONEが特定主体に事前配分される方式ではなく、公開DEX流動性を通じて市場に流通し、誰でも同一の公開市場条件で取得できることを意味する。

項目	構造
Total Supply	1,200,000,000 STONE
Distribution Principle	100%公開流通
Market Access	公開DEX流動性
Additional Mint	なし
Access Rule	誰でも同一の公開市場条件で取得可能
Primary Utility	Gem NFT採掘のためのマイニングプール参加
Mechanism	STONE取得 → ステーキング → Mining Power生成 → PoM蓄積 → Gem NFT claim
Supply Trust	発行量、プール構造、確率表、claim条件はコントラクトで検証可能

ユーザーは公開市場でSTONEを取得した後、希望するストーンマイニングプールにこれを投入できる。その後、ユーザーはステーキングしたSTONEを基盤としてMining Powerを生成し、時間の経過に従ってProof of Mining、すなわちPoM値を蓄積する。蓄積されたPoM値が当該プールの必要閾値に到達すると、Gem NFTをclaimできる。

この構造において、DEXはSTONEへアクセスするための公開入口であり、マイニングプールはSTONEの実際の使用先である。すなわち、STONEの目的は単純保有や投機的流通ではなく、デジタル宝石採掘に参加するためのプロトコル資源として機能することにある。

財団または初期エコシステム貢献者も、別途の事前配分ではなく、公開市場において同一条件でSTONEを取得できる。この方式は、特定主体による先占構造を最小化し、プロトコル参加の基準を公開市場とオンチェーン規則に合わせるためのものである。

100%公開流通構造が信頼を得るためには、初期流動性供給方式、LP処理方式、コントラクト権限、追加発行不可の有無が明確に公開されなければならない。初期流動性は公開DEXプールを通じて形成され、初期LPトークンの処理方式は長期ロックアップまたはバーン方式で公開されることが望ましい。これは流動性回収への懸念を減らし、STONEの公開市場アクセス構造に対する信頼を高めるためである。

CryptoStoneの信頼は、特定主体の事前配分量ではなく、固定された総発行量、100%公開流通構造、変更不可能な採掘規則、検証可能なPoM構造、そしてオンチェーンデータの透明性によって形成される。

16. Base Mining Unitと少額参加構造

CryptoStoneの基準マイニング単位は次のように設定する。

Base Mining Unit = 100,000 STONE

ただし、これは最小参加数量ではない。Base Mining Unitは採掘速度と難易度を計算するための基準単位である。

CryptoStoneは、可能な限り多くのユーザーが採掘に参加できるようにPoM蓄積構造を採用する。ユーザーは100,000 STONE未満の数量でもマイニングプールに参加でき、ステーキング数量と時間に比例してPoM値を蓄積する。

ユーザーは、蓄積PoM値が当該プールの必要PoM閾値 (R_j) 以上になった時点でGem NFTをclaimできる。

$$PoM_{\{i,j\}}(t) \geq R_j$$

たとえばDiamond Poolの初期条件において、Pool DifficultyとScarcity Multiplierがともに1xであると仮定すると次のようになる。

Active Stake	Diamond NFT 1個の予想採掘時間
100,000 STONE	約2.55日
10,000 STONE	約25.5日
5,000 STONE	約51日
1,000 STONE	約255日
100 STONE	約6.98年

この構造は、高マイニングパワーユーザーには速い採掘機会を提供しつつ、少額参加者にも長期的にPoM値を蓄積してGem NFTをclaimできるようにする。

筆者は、この構造がCryptoStoneのエコシステム拡大に非常に重要であると考えている。NFTの希少性は総発行量、属性確率、半減期構造によって維持し、ユーザー参加性は低い参入障壁とPoM蓄積構造によって拡大すべきだからである。

17. Target Pool Powerと長期採掘期間

CryptoStoneのTarget Pool Powerは、全体STONE供給量ではなく、実際にマイニングに参加すると予想される有効ステーキング量を基準として算定する。

$$\begin{aligned} \text{Target Pool Power} &= 40,000,000 \text{ Power per Pool} \\ 12 \text{ Pools Total Target Power} &= 480,000,000 \text{ Power} \end{aligned}$$

これは、全体STONE供給量1,200,000,000個のうち約40%が長期的にマイニングエコシステムへ参加し得るという仮定を反映した値である。

特定プール (j) の全体マイニングパワーを (P_j)、Target Pool Powerを (P_j^{*}) とすると、全体プールパワーは次のように定義される。

$$P_j = \sum P_{\{i,j\}}$$

$$P_j^{*} = 40,000,000$$

参加者が毎年10,000人ずつ増加し、10年後に約100,000人が参加し、平均active stakeが約4,800 STONE水準であると仮定すると、全体Gem NFT供給量の約90%が採掘されるまでに約8~9年を要する可能性がある。

半減期構造により、90%以降の採掘速度はさらに遅くなる。したがって、全体Gem NFTの100%がすべて採掘されるまでには約12年以上を要する可能性がある。

このような期間推定は、特定の収益率や価格を予測するためのものではなく、CryptoStoneが短期NFTミントイベントではなく、長期間にわたりデジタル宝石が段階的に採掘される分散型マイニングエコシステムを志向していることを説明するためのモデルである。

18. 数値とパラメータに関する解釈

本ホワイトペーパーで提示するストーン別供給量、基本採掘周期、マイニングパワー公式、PoM閾値、半減期倍率、Weight・Color・Clarity・Cut確率表、Rarity Score公式は、現実の宝石エコシステムを完全に複製した絶対的基準ではない。

これらの数値は次の目的のために設計された初期基準パラメータである。

目的	説明
デジタル希少性の表現	宝石の希少性をオンチェーン環境で表現
採掘難易度の実装	スマートコントラクトで採掘難易度と供給制限を実装
相対的希少性の区分	ストーン別希少性の違いを比較可能に設計
収集価値の区分	希少度とティア構造を通じて収集市場の理解を強化
長期供給制御	半減期と難易度上昇によって供給速度を管理
参加拡張性	少額参加者と大規模参加者を同時に受け入れる

したがって、本ホワイトペーパーの数値は、現実宝石市場のすべての価格形成要因、鑑定基準、流通構造、需要と供給、文化的価値、実物保管費用、鑑定機関の評価モデルを完全に反映しているとはいえない。

CryptoStoneは現実宝石市場をそのまま複製しようとするのではなく、宝石の核心属性である希少性、等級性、採掘性、収集性をデジタル環境で分散型方式により実装してみるためのプロジェクトである。

筆者は、本ホワイトペーパーの数値が単なる任意値ではなく、分散型デジタル宝石という概念を説明し実験するための初期基準値であると考えます。今後の研究、市場反応、コミュニティ検討、技術検証、法的検討によって、より精巧なモデルへ発展する可能性があります。ただし、プロトコルが正式にデプロイされ、核心規則が確定された後は、事前に確定された核心数値が運営者によって恣意的に変更されてはならない。

19. マイニングパワーの計算

CryptoStoneにおいてマイニングパワーは、ユーザーが宝石を採掘できる速度と機会を決定する。より多くのSTONEをステーキングした参加者は、より多くのマイニングパワーを獲得し、より頻繁にclaim条件へ到達できる。

ユーザー (i) のステーキング数量を ($s_{i,j}$)、ロックアップ倍率を (L_i)、ユーザーマイニングパワーを ($P_{i,j}$) とすると、次のように計算される。

$$P_{i,j} = s_{i,j} \times L_i$$

マイニングパワーは宝石の等級確率を直接高めるものではない。マイニングパワーはPoM蓄積速度にのみ影響を与える。

これはビットコイン採掘構造と類似している。より多くの採掘装備を持つ参加者は、より多くの採掘機会を得るが、採掘規則そのものを変えることはできない。CryptoStoneにおいても、より多くのSTONEをステーキングした参加者は、より速くPoMを蓄積するが、より良い宝石が生成される確率を恣意的に高めることはできない。

20. 長期参加補正とFlexible Cooldown

長期参加者に報酬を与えるため、ステーキング期間に応じたLock Multiplierを適用できる。

Lock Type	Lock Period	Mining Multiplier (L_i)	Maturity Burn	Returned STONE	Cooldown
Flexible	なし	1.00x	0%	100%	7 days
Short Lock	90日	1.05x	2.5%	97.5%	なし
Medium Lock	180日	1.12x	5%	95%	なし
Long Lock	365日	1.25x	10%	90%	なし

Flexible Lockには減価償却バーンがないが、短期流動性が過度に速く流入・流出することを防ぐため、unstake要求後に7日間のcooldown期間を置く。

長期ロックアップは必須条件ではなく選択条件である。ユーザーは減価償却のないFlexible方式を選択でき、より高いMining Powerを希望する場合にのみ、一定の減価償却を伴う長期ロックアップを選択する。

ロックアップ倍率は最大1.25倍に制限される。これは長期参加者に合理的な報酬を提供しつつ、特定の大口参加者が過度に有利な位置を持たないようにするための設計である。

ロックアップ期間中でも、ユーザーのPoM値が必要閾値に到達するとGem NFTをclaimできる。つまり、ロックアップはSTONEの返還可能時点を制限する構造であり、Gem NFT claim自体を禁止する構造ではない。

21. Proof of Mining、PoMの蓄積

CryptoStoneは単純なポイントまたはクレジット方式ではなく、ビットコインのProof-of-Work概念をデジタル宝石採掘構造に合わせて抽象化したProof of Mining、すなわちPoMモデルを使用する。

PoMは、ユーザーが特定ストーンプールにSTONEをステーキングし、時間の経過に従って蓄積した採掘作業量を意味する。PoMは別途送信または取引されるトークンではなく、ユーザーの採掘参加と時間経過をコントラクトが記録するオンチェーン作業量指標である。

ユーザー (i) の特定ストーンプール (j) に対するPoM値は、時間に従って次のように蓄積される。

$$PoM_{\{i,j\}}(t + \Delta t) = PoM_{\{i,j\}}(t) + P_{\{i,j\}} \times \Delta t$$

たとえば100,000 STONEをFlexible条件でDiamond Poolにステーキングしたユーザーのマイニングパワーは次の通りである。

$$P_{\{i,Diamond\}} = 100,000 \times 1.00 = 100,000$$

当該ユーザーが100,000秒待機した場合、蓄積されるPoM値は次の通りである。

$$\begin{aligned} PoM &= 100,000 \times 100,000 \\ PoM &= 10,000,000,000 \end{aligned}$$

ユーザーの蓄積PoM値が当該プールの必要PoM閾値以上になると、Gem NFTをclaimできる。

$$PoM_{\{i,j\}}(t) \geq R_j$$

Gem NFTがclaimされると、ユーザーの当該プールPoM値から必要閾値 (R_j) が差し引かれる。

$$PoM_{\{i,j,new\}} = PoM_{\{i,j,old\}} - R_j$$

この構造は、ユーザーが閾値を超えて蓄積したPoMを不必要に消滅させない。たとえば必要PoM閾値が22,000,000,000であり、ユーザーが23,000,000,000 PoMを保有した状態でGem NFTをclaimすると、claim後の1,000,000,000 PoMは次回採掘のための残存PoMとして維持される。

PoMは各ストーンプール別に独立して蓄積される。Diamond Poolで蓄積されたPoMはDiamond NFTのclaimにのみ使用でき、Ruby PoolまたはSapphire PoolのPoMへ変換することはできない。この構造は、各ストーンプールの独立性、希少性、採掘難易度を保護する。

ユーザーが特定プールでSTONEをunstakeしたとしても、すでに蓄積されたPoMは当該プールに記録された状態で維持され得る。ただし、unstake後には当該プールでのユーザーのMining Powerが0となるため、追加PoMは蓄積されない。ユーザーが再び同じプールにSTONEをステーキングすると、既存PoMに続いて新しいPoMが蓄積される。

PoMは外部へ譲渡または取引できず、他のストーンプールへ移転できない。これはPoMが資産そのものではなく、特定プールにおいて特定ユーザーが実際に採掘参加を通じて蓄積した作業量指標だからである。

22. 必要PoM閾値

宝石1個を採掘するために必要なPoM閾値は、Base Mining Unit、ストーン別基本採掘周期、プール難易度、希少性倍率によって決定される。

ストーン (j) の基本採掘周期を (T_j)、Base Mining Unitを (B)、プール難易度を (D_j)、希少性倍率を (S_j) とすると、必要PoM閾値 (R_j) は次のように定義される。

$$R_j = B \times T_j \times D_j \times S_j$$

CryptoStoneの基準値は次の通りである。

$$\begin{aligned} B &= 100,000 \text{ STONE} \\ \text{Target Pool Power} &= 40,000,000 \text{ Power} \end{aligned}$$

たとえばDiamond Poolの基本採掘周期が220,000秒であり、Pool DifficultyとScarcity Multiplierがいずれも1xであれば次の通りである。

$$\begin{aligned} R_{\text{Diamond}} &= 100,000 \times 220,000 \times 1 \times 1 \\ R_{\text{Diamond}} &= 22,000,000,000 \text{ PoM} \end{aligned}$$

ユーザー (i) のマイニングパワーが ($P_{\{i,j\}}$) であるとき、当該ユーザーがストーン (j) のNFT 1個をclaimするまでに必要な予想時間は次のように表現できる。

$$E[T_{\{i,j\}}] = R_j \div P_{\{i,j\}}$$

たとえば、ユーザーがDiamond Poolに100,000 STONEをFlexible条件でステーキングした場合：

$$\begin{aligned} E[T_{\{i,Diamond\}}] &= 22,000,000,000 \div 100,000 \\ &= 220,000\text{秒} \\ &\approx 2.55\text{日} \end{aligned}$$

つまり、初期条件において100,000 STONEをステーキングしたユーザーは、約2.55日ごとにDiamond NFT 1個をclaimできる。

23. プール難易度の調整

参加者が増加し、全体マイニングパワーが上昇すると、宝石が過度に速く採掘される可能性がある。これを防ぐため、各プールは全体マイニングパワーに応じて難易度を調整する。

ストーンプール (j) の全体マイニングパワーを (P_j)、Target Pool Powerを (P_j^{^*})、プール難易度を (D_j) とすると、次のように計算する。

$$D_j = \max(1, P_j \div P_j^{*})$$

CryptoStoneの基準値は次の通りである。

$$P_j^{*} = 40,000,000 \text{ Power}$$

例は次の通りである。

Target Pool Power	Total Pool Mining Power	計算	Pool Difficulty
40,000,000	20,000,000	20,000,000 ÷ 40,000,000 = 0.5 → max(1, 0.5)	1.0x
40,000,000	40,000,000	40,000,000 ÷ 40,000,000 = 1.0	1.0x
40,000,000	80,000,000	80,000,000 ÷ 40,000,000 = 2.0	2.0x
40,000,000	200,000,000	200,000,000 ÷ 40,000,000 = 5.0	5.0x

この公式で max(1, ·) 構造を適用する理由は、全体マイニングパワーがTarget Pool Powerより低い場合でも、難易度が1.0x未満に下がらないようにするためである。すなわち、参加者が少ない初期区間でも採掘速度が基準より過度に速くなることを防止する。

逆に全体マイニングパワーがTarget Pool Powerを超えると、Pool Difficultyは比例的に上昇する。たとえば特定プールの全体マイニングパワーが80,000,000 Powerに増加すると、Pool Difficultyは2.0xになる。この場合、同一ユーザーがNFT 1個を採掘するのに必要な時間も約2倍に増加する。

スマートコントラクト実装では、小数点演算を避けるためにBPS方式で表現できる。

$$D_{\{j, BPS\}} = \max(10,000, P_j \times 10,000 \div P_j^{*})$$

ここで $10,000 \text{ BPS} = 1.0x$ を意味する。

この構造は、参加者が増加するほど全体採掘速度が自然に調整されるようにし、各ストーンの供給が短期間に過度に枯渇することを防止する。

24. 半減期と希少性倍率

CryptoStoneの半減期は、全体コレクション基準ではなく、各ストーン別に独立して適用される。

ストーン (j) の最大発行量を (N_j)、現在までに採掘された数量を (n_j)、採掘進行率を (q_j) とすると、次のように計算される。

$$q_j = n_j \div N_j$$

たとえばDiamondの最大発行量が110,000個で、現在55,000個が採掘された場合：

$$q_{\text{Diamond}} = 55,000 \div 110,000 = 0.5$$

すなわち、Diamond Poolは50%採掘区間に到達したことになる。

ストーン別希少性倍率 (S_j) は、採掘進行率 (q_j) に従って上昇する。

Mined Supply Ratio	Remaining Supply	Scarcity Multiplier
0% ~ 50%	100% ~ 50%	1x
50% ~ 75%	50% ~ 25%	2x
75% ~ 87.5%	25% ~ 12.5%	4x
87.5% ~ 93.75%	12.5% ~ 6.25%	8x
93.75% ~ 96.875%	6.25% ~ 3.125%	16x
96.875%以上	3.125%以下	32x

これを数式で一般化すると次のように表現できる。

$$S_j(q_j) = 2^{\min(5, \text{floor}(\log_2(1 \div (1 - q_j))))}$$

ただし、 (q_j) が初期区間に該当する場合、 $(S_j(q_j))$ は最低1xに維持される。実際のスマートコントラクトでは、上記式を直接計算するよりも、事前に公開された区間表を基準に実装することができる。

この公式は、ストーン別残存供給量が減少するほど採掘難易度が幾何級数的に上昇する構造を表現する。これは現実の鉱山において埋蔵量が減少するほど採掘コストと難易度が上昇する構造を、デジタル環境へ移転したものである。

25. 採掘速度と供給枯渇の非線形構造

CryptoStoneの採掘構造は、単純な線形ミントモデルではない。各ストーンは独立した供給量、採掘周期、プール難易度、希少性倍率を持ち、採掘進行率が高まるほど希少性倍率によって採掘速度が鈍化する。

ストーンプール (j) の有効マイニングパワーを $(P_{\text{eff},j})$ とすると、次のように表現できる。

$$P_{\text{eff},j} = \min(P_j, P_j^*)$$

これは、全体マイニングパワーがTarget Pool Powerより低い場合には実際の参加パワーが採掘速度に影響し、Target Pool Powerを超えた場合には難易度上昇により有効採掘速度が制限されることを意味する。

ストーンプール (j) の単位時間あたり予想採掘量 (λ_j) は、概念的に次のように表現できる。

$$\lambda_j = P_{\text{eff},j} \div (B \times T_j \times S_j)$$

ここで (B) はBase Mining Unit、 (T_j) はストーン別Base Mining Interval、 (S_j) はScarcity Multiplierである。

特定ストーンが採掘進行率 (q) に到達するまでに必要な時間は、次のような非線形モデルで表現できる。

$$\text{Time}_j(q) = (N_j \times B \times T_j \div P_{\text{eff},j}) \times \int_0^q S_j(x) dx$$

この数式は、CryptoStoneの採掘構造が線形的に枯渇するモデルではなく、ストーンの残存供給量が減少するほど段階的に遅くなる非線形採掘モデルであることを示している。

したがって、初期区間では比較的活発にGem NFTが採掘されるが、90%以降の区間ではScarcity Multiplierが上昇し、残り供給量の採掘速度が大きく鈍化する。

26. Weight属性のデジタル化

重量はすべてのストーンが共通してCT、すなわちカラット単位を使用する。しかし、各宝石の重量値はランダムに生成される。

```
Minimum Weight = 0.10 CT  
Maximum Weight = 200.00 CT  
Storage Unit = 0.01 CT
```

スマートコントラクトでは小数点を直接保存せず、0.01 CT単位の整数で保存する。

表示重量	コントラクト保存値
0.10 CT	10
1.25 CT	125
10.50 CT	1050
200.00 CT	20000

重量は均等確率で生成されない。現実宝石において大きいカラットほど希少であるように、CryptoStoneでも大きい重量ほど低い確率で生成される。

Weight Range	Probability	Rarity Tier	Score
0.10 ~ 0.99 CT	50.00%	Common	2
1.00 ~ 1.99 CT	25.00%	Uncommon	5
2.00 ~ 4.99 CT	15.00%	Rare	9
5.00 ~ 9.99 CT	6.00%	Epic	13
10.00 ~ 19.99 CT	2.50%	Legendary	17
20.00 ~ 49.99 CT	1.00%	Mythic	20
50.00 ~ 99.99 CT	0.40%	Ancient	23
100.00 ~ 200.00 CT	0.10%	Genesis	25

27. Color属性のデジタル化

Colorは宝石の色等級を表現する。等級が高いほど低い確率で生成される。

Color Grade	Probability	Score
D	1%	15
E	2%	13
F	4%	11
G	8%	8
H	15%	5
I	20%	3
J	25%	1
K	25%	1

28. Clarity属性のデジタル化

Clarityは宝石の透明度等級を表現する。

Clarity Grade	Probability	Score
FL	0.5%	20
IF	1.0%	18
WVS1	2.0%	16
WVS2	4.0%	13
VS1	8.0%	10
VS2	14.0%	7
SI1	25.0%	4
SI2	45.5%	1

29. Cut属性のデジタル化

Cutは宝石のカット等級を表現する。

Cut Grade	Probability	Score
6 Star	1%	20
5 Star	4%	16
4 Star	10%	12
3 Star	20%	8
2 Star	30%	4
1 Star	35%	1

30. 属性生成とランダム性の検証

宝石の属性は運営者が手動で入力するものではない。採掘時点において、マイニングコントラクトがランダム値を基盤としてWeight、Color、Clarity、Cutを決定する。

重要なのは、ランダム生成方式が検証可能でなければならないという点である。もし運営者が任意に高等級NFTを生成できるなら、CryptoStoneの分散性と希少性は損なわれる。

したがって、CryptoStoneのランダム生成方式は次の原則に従う。

原則	説明
事前予測不可	運営者とユーザーのいずれも結果を事前に知ることができない。
結果選択不可	運営者が有利な結果のみを選択したり、不利な結果を拒否できない。
再試行防止	ランダム要求後、結果確定前にユーザーがclaimをキャンセルまたは再試行できない。
Admin Reroll禁止	運営者は特定結果を再抽選または代替できない。
公開検証	結果生成過程はオンチェーンまたは公開検証可能な方式でなければならない。
確率表固定	属性確率表はデプロイ前に公開され、finalize後に変更できない。
ミント後不変	ミント後、属性は変更できない。

初期実装では、検証可能な外部VRF構造を優先的に検討できる。またはCommit-then-Reveal構造のような方式により、ランダム要求時点と結果確定時点を分離できる。いずれの方式が使用されても、ユーザーは結果確定前にclaimをキャンセルまたは再試行できず、運営者も特定結果を選択または再抽選できてはならない。

ランダム結果が要求された後、ユーザーは結果が不利であるという理由でclaimをキャンセルまたは再試行できてはならない。運営者もまた、特定ユーザーに有利な結果を割り当てたり、特定属性組合せが出るようseedを選択できてはならない。これは希少宝石の生成が運営者の裁量ではなく、検証可能なランダム構造によって決定されるようにするための核心条件である。

ミント後、Gem NFTの核心属性はfreezeされなければならない、Weight、Color、Clarity、Cut、stoneType、minedAt、minedFromPoolのような核心metadataは運営者によって変更できてはならない。

31. Rarity ScoreとProbability Rarity Index

CryptoStoneは各宝石の希少度を数値化するため、二つの指標を使用する。

指標	目的
Rarity Score	ユーザーが直感的に理解できる0~100点のスコア
Probability Rarity Index	実際の発生確率に基づく数学的希少度指標

31.1 Rarity Score

```
Rarity Score
= Stone Scarcity Score
+ Weight Score
+ Color Score
+ Clarity Score
+ Cut Score
```

スコア配分は次の通りである。

Attribute	Max Score
Stone Scarcity	20
Weight	25
Color	15
Clarity	20
Cut	20
Total	100

Stone Scarcity Scoreはストーン別総発行量を基準として計算される。

```
Stone Scarcity Score
= 20 × (MaxCollectionSupply - StoneMaxSupply)
÷ (MaxCollectionSupply - MinCollectionSupply)
```

基準値は次の通りである。

```
MaxCollectionSupply = 220,000
MinCollectionSupply = 110,000
```

たとえばDiamondのMax Supplyは110,000個であるため、最も高いStone Scarcity Scoreを持つ。ZirconのMax Supplyは220,000個であるため、最も低いStone Scarcity Scoreを持つ。

31.2 Probability Rarity Index

Rarity Scoreがユーザーフレンドリーな比較指標であるなら、Probability Rarity Indexは各属性の発生確率に基づく数学的希少度指標である。

Gem NFT (g) の属性組合せが発生する確率 (P(g)) は次のように定義される。

$$P(g) = P_{\text{stone}} \times P_{\text{weight}} \times P_{\text{color}} \times P_{\text{clarity}} \times P_{\text{cut}}$$

これを基に、確率ベースの希少度指標を算定する。

$$\text{Probability Rarity Index} = -\log_{10}(P(g))$$

この指標は、特定Gem NFTが確率的にどれほど希少な組合せであることを示す。

たとえば次の組合せは極めて希少である。

```
Diamond
+ 100.00 CT以上
+ D Color
+ FL Clarity
+ 6 Star Cut
```

このような組合せは、Rarity Score上で高いスコアを受けるだけでなく、Probability Rarity Indexにおいても非常に高い希少度を持つ。

CryptoStoneはこの二つの指標を併用することで、収集者が直感的に理解できるスコア体系と、データに基づいて検証可能な希少度体系を同時に提供する。

32. 希少度ティア構造

完全な最上位組合せは、極めて低い確率でのみ生成され得る。これは希少性の面では利点であるが、収集市場では多様な上位ティアが形成されてこそ、取引と収集活動がより活発になる。

したがって、CryptoStoneはRarity ScoreとProbability Rarity Indexを基盤として、次のような希少度ティアを適用できる。

Tier	基準例	意味
Common	一般属性中心	最も一般的な宝石群
Rare	上位属性1個以上	一般的な希少宝石
Epic	上位属性2個以上	収集価値の高い宝石
Legendary	上位属性3個以上	非常に希少な宝石
Genesis	極端な組合せまたは初期採掘固有性	最上位収集資産

Genesis Tierは単純にスコアだけで決定されない可能性がある。初期採掘時点、低いtokenId、極端な確率組合せ、特定ストーンの希少性などが複合的に考慮され得る。

この構造は、ポケモンカード、スポーツカード、限定版収集品市場において希少等級が収集価値を形成する方式と類似している。ただし、CryptoStoneでは希少度が運営者の主観的判断ではなく、公開された確率表とオンチェーン属性値によって計算される点が異なる。

33. 収集価値の形成

収集市場において希少性は重要な価値形成要素である。ポケモンカード、スポーツカード、限定版フィギュア、芸術品、高級時計などは、単純な使用価値だけで価格が形成されるわけではない。特定シリーズ、限定数量、希少等級、保存状態、市場需要、コミュニティの認識が結合することで価格が形成される。

CryptoStoneは、このような収集経済の原理をデジタル宝石に適用する。

要素	説明
ストーン別総発行量	Diamond、Ruby、Sapphireなどストーン別供給差
プール別採掘難易度	各プールのTarget PowerとDifficulty
ストーン別半減期	採掘量増加に伴うScarcity Multiplier上昇
Weight確率	大きいカラットほど低い確率
Color確率	高い色等級ほど低い確率
Clarity確率	高い透明度等級ほど低い確率
Cut確率	高いカット等級ほど低い確率
低いtokenId	初期採掘宝石の収集性
採掘時点	特定時期、特定半減期前後の意味
オンチェーン取引履歴	所有権とprovenance記録

このような構造は、ユーザーが単純にNFT画像を購入するのではなく、公開された確率構造の中で採掘された固有のデジタル宝石を収集するようにする。

CryptoStoneにおいて希少性はマーケティング文言ではない。希少性はコントラクトに固定された数量、確率表、採掘難易度、半減期構造によって形成される。

34. 分散型採掘構造

CryptoStoneにおける採掘は、サーバーが代行して実行する方式ではない。ユーザーは自分が希望するストーンプールにSTONEをステーキングし、時間が経過してPoM値が当該プールの必要閾値に到達すると、直接 `claimGem()` のようなコントラクト関数を呼び出してGem NFTを受領する。

段階	説明
1	ユーザーがSTONEを保有する。
2	希望するストーンプールを選択する。
3	STONEをステーキングする。
4	マイニングパワーが発生する。
5	時間の経過に従ってPoM値が蓄積される。
6	PoM値が必要閾値に到達すると <code>claimGem()</code> を呼び出す。
7	コントラクトが採掘可能性を検証する。
8	検証可能なランダム値で属性を生成する。
9	ERC-721 Gem NFTをミントする。
10	NFTがユーザーウォレットへ転送される。

この過程において、中央サーバーが宝石を発行したり属性を指定することはない。採掘条件と結果はコードによって決定される。

スマートコントラクトは自動的に自ら実行されるものではない。しかし、誰でもコントラクトを呼び出すことができ、コントラクトは事前に定められた条件に従って結果を検証し実行する。したがって、CryptoStoneの採掘構造は中央サーバーなしでも作動できる。

筆者は、この構造において重要なのは「サーバーがない」という事実ではなく、「サーバーがなくても、ユーザーが直接コントラクトを呼び出し、定められた規則に従って採掘結果を受け取れる」という点であると考えられる。

35. 採掘コストとSTONEバーン構造

CryptoStoneにおいてSTONEは単なる決済手段ではなく、デジタル宝石採掘に参加するためのマイニング資源である。現実の鉱山で採掘設備とエネルギーが使用され、時間の経過に従って設備が摩耗するように、CryptoStoneでもマイニングプールに投入されたSTONEは、採掘過程で一定のデジタル減価償却構造を持つ。

筆者は、STONEのバーン構造がトークン価格上昇を保証するための装置ではなく、デジタル宝石採掘に必要な資源消費と希少性構造を表現するための装置であると考える。

CryptoStoneのSTONEバーンは、大きく二つの場合に発生し得る。

バーン類型	発生時点	目的
Claim Burn	Gem NFTをclaimする時点	採掘コストと希少性の表現
Maturity Burn	ロックアップ終了後のunstake時点	マイニング資源の減価償却表現

Gem NFTをclaimする際に発生するバーン量 ($B_{\text{claim},j}$) は次の公式で計算される。

$$B_{\text{claim},j} = \beta \times S_j$$

ここで (β) はBase Claim Burnであり、(S_j) は当該ストーンのScarcity Multiplierである。

初期基準値は次のように設定する。

$$\beta = 20 \text{ STONE}$$

Scarcity Multiplier	Claim Burn
1x	20 STONE
2x	40 STONE
4x	80 STONE
8x	160 STONE
16x	320 STONE
32x	640 STONE

Base Claim Burnは採掘コストを表現する最小消費構造であり、全体供給量を急激に縮小させるための装置ではない。バーンされたSTONEは運営者や財団に支払われず、永久に流通量から除去される。これにより、STONEは単に預けられる資産ではなく、CryptoStoneエコシステム内で実際に使用され消費されるデジタルマイニング資源として機能する。

36. ロックアップ減価償却および返還構造

ユーザーがロックアップ期間を選択してマイニングプールにSTONEを投入した場合、ロックアップ終了後のunstake時点で、ロックアップ期間に応じて一部のSTONEが減価償却バーンされ、残りのSTONEが返還される。

Lock Type	Lock Period	Mining Multiplier	Maturity Burn	Returned STONE	Cooldown
Flexible	なし	1.00x	0%	100%	7 days
Short Lock	90日	1.05x	2.5%	97.5%	なし
Medium Lock	180日	1.12x	5%	95%	なし
Long Lock	365日	1.25x	10%	90%	なし

ユーザー (i) がステーキングしたSTONE数量を (s_i)、ロックアップ期間による減価償却率を (δ_i) とすると、満期時にバーンされるSTONE数量 (M_i) は次のように定義される。

$$M_i = s_i \times \delta_i$$

返還されるSTONE数量 (R_i) は次の通りである。

$$R_i = s_i - M_i$$

この構造は長期参加者により高いマイニングパワーを提供しつつ、マイニング資源の使用に伴うコストも反映する。すなわち、ユーザーはより長いロックアップを選択してより高い採掘速度を得られるが、ロックアップ終了時により高い減価償却バーンを受け入れる必要がある。

長期ロックアップは強制条件ではない。ユーザーはSTONEバーン負担を望まない場合、Flexible方式を選択できる。長期ロックアップは、より高いMining Powerを望む参加者のための選択型構造であり、減価償却はその選択に伴うデジタル採掘資源の使用コストとして解釈される。

筆者は、この構造が単純なペナルティではなく、「デジタル採掘装備の使用に伴う減価償却」として解釈されるべきだと考える。現実の採掘装備が使用期間に応じて摩耗するように、CryptoStoneにおいてSTONEはマイニングプールに投入されている間マイニングパワーを提供し、その使用期間に応じて一部がバーンされる。

37. 開発構造の選択

CryptoStoneは次の構造を採用する。

STONE ERC-20
+ ERC-721 CryptoStone Gem NFT

- + 12個のMining Pool Contract
- + Pool Factory

この構造は単に技術標準を列挙するためのものではなく、CryptoStoneが実装しようとする属性と機能を満たすための設計である。

選択	理由
STONE ERC-20	一つのマイニング資源と流動性構造を提供する。
ERC-721 Gem NFT	各宝石の固有性と属性を表現する。
12 Mining Pools	ストーン別独立鉱山構造を実装する。
Pool Factory	同一の検証済みテンプレートでプールをデプロイする。
Unified NFT Contract	一つのコレクション・アイデンティティと取引データを集中させる。
Verifiable Randomness	運営者操作のない属性生成を可能にする。
Finalize Mechanism	核心規則変更を防止する。

第一に、STONEとGem NFTの役割を分離する。STONEはマイニングパワーのためのトークンであり、Gem NFTは採掘結果物である。

第二に、宝石の固有性を保護する。各Gem NFTはtokenIdと属性組合せを持ち、ミント後に属性が変更されない。

第三に、ストーン別独立性を維持する。各マイニングプールは独立した供給量、採掘周期、半減期を持つため、現実の個別鉱山概念をデジタルで表現するのに適している。

第四に、NFTコレクションは一つに維持される。これはCryptoStoneのブランドと市場データを一つに集中させ、取引と希少度ランキングを統合的に管理できるようにする。

第五に、将来拡張性が高い。初期にはEVMベースのスマートコントラクトで開始しつつ、長期的には独立したAppchainまたはMainnetへ拡張できる。

第六に、中央集権依存性を低減する。採掘とミントはサーバーではなくコントラクトによって実行され、誰でも条件を検証できる。

38. プロトコル固定原則

CryptoStoneがビットコインのような分散型資産性を志向するためには、デプロイ後に核心規則が恣意的に変更されてはならない。

固定項目	説明
STONE総発行量	1,200,000,000 STONE
STONE流通構造	100%公開流通
ストーン別Max Supply	各ストーン別最大NFT発行量
ストーン別Base Mining Interval	基本採掘周期
Target Pool Power	初期基準値40,000,000 Power
Base Mining Unit	100,000 STONE
Weight確率表	重量生成確率
Color確率表	色等級生成確率
Clarity確率表	透明度等級生成確率
Cut確率表	カット等級生成確率
Scarcity Multiplier	半減期ベースの難易度倍率
Claim Burn公式	claim時バーン公式
Mining Power公式	ステーキングベースのマイニングパワー公式
PoM公式	Proof of Mining蓄積およびclaim条件
Lock Multiplier	ロックアップ期間別マイニング倍率
Maturity Burn公式	ロックアップ終了時の減価償却バーン公式

初期設定が完了すると、プロトコルはfinalizeされなければならない。その後、運営者は恣意的に発行量を増やしたり、希少度確率を変更したり、特定ユーザーにNFTを手動でミントすることができてはならない。

CryptoStoneの核心コントラクトは、デプロイ後にソースコードが公開検証されなければならない。トークン発行量、NFT供給量、確率表、マイニング公式、PoM閾値算定構造はfinalize後に変更できてはならない。

finalize前に必要な限定的管理機能が存在する場合、当該機能の一覧、目的、削除時点、統制方式は明確に公開されなければならない。finalize後には、核心発行量、確率表、ミント権限、PoM算定方式に関連する管理者権限が削除または無効化されなければならない。

分散性は、単にブロックチェーン上にデプロイされたという事実だけで完成するものではない。分散性は、運営者が変更できない規則、誰でも検証可能なコード、誰でも参加可能な構造から形成される。

39. セキュリティ対応と分散性の均衡

CryptoStoneはNo Admin Mint、No Central Serverを核心原則とする。しかし、初期開発およびデプロイ段階では、セキュリティ監査、テスト、脆弱性対応のための限定的管理構造が必要となり得る。

段階	管理構造
テストネットおよび監査段階	限定的管理権限の可能性
公式デプロイ前	パラメータ検証およびセキュリティ点検
公式ローンチ後	核心ミント・供給・確率変更権限の削除
finalize後	No Admin Mint, No Supply Change, No Probability Change

非常停止機能が存在する場合、これはミント結果操作や供給量変更のための機能ではなく、セキュリティ事故防止のための限定的機能としてのみ使用されるべきである。また非常機能はタイムロックまたはマルチシング構造など、公開的に検証可能な方式で制限されなければならない。運営者が恣意的に希少度や発行量を変更する手段となってはならない。

CryptoStoneの主要コントラクトは、トークンコントラクト、Gem NFTコントラクト、Mining Pool Template、Pool Factory、ランダム生成構造で構成される。これらのコントラクトは、デプロイ前後にセキュリティ監査を受けることが望ましく、監査結果と主要脆弱性対応履歴は公開されなければならない。

公開されるべき核心検証要素は次の通りである。

検証項目	説明
Contract Source Verification	デプロイ済みコントラクトのソースコード公開および検証
Audit Report	主要コントラクトとランダム構造に関する監査報告書
Admin Function List	管理者関数の有無と削除計画
Finalize Event	核心パラメータ固定時点とイベント記録
LP Lock / Burn Proof	初期流動性関連LP処理履歴
Probability Table Hash	確率表がデプロイ前に公開された値と一致するか確認
Metadata Freeze	ミント後に核心属性変更不可であるかの確認

この構造は、実務的なセキュリティ対応と分散型資産性との間の均衡を取るためのものである。

40. 画像とメタデータの位置づけ

CryptoStoneは視覚的表現を否定しない。宝石NFTはユーザー体験と収集利便性のために、画像、3Dモデル、視覚的カード形式で表現され得る。

しかし、画像はCryptoStoneの本質ではない。

CryptoStoneの本質は次のデータにある。

データ	説明
stoneType	宝石種類
weight	重量
colorGrade	色等級
clarityGrade	透明度等級
cutGrade	カット等級
rarityScore	ユーザーフレンドリーな希少度スコア
probabilityRarityIndex	確率ベース希少度指標
minedAt	採掘時点
minedFromPool	採掘されたマイニングプール
tokenId	NFT固有識別子

したがって、画像サーバーが一時的に停止しても、CryptoStone NFTの核心属性はオンチェーンに残っていないなければならない。これは既存NFTが外部画像や中央サーバーに過度に依存する問題を補完するための設計である。

41. エコシステム拡張モジュールとGem Refinement

CryptoStoneの核心プロトコルは、STONE、12個のストーン別マイニングプール、Proof of Mining、そしてERC-721ベースのGem NFTで構成される。ただし、CryptoStoneエコシステムは核心採掘構造のみに限定されず、将来的に別途スマートコントラクトを追加したり、既存コントラクトと連動する拡張モジュールを通じて、さまざまな活用機能へ拡張され得る。このような拡張機能には、Marketplace、Arena Game、Ranking System、Collection Quest、Gem Refinementなどが含まれ得る。

Gem Refinement、すなわち宝石精錬は、このようなエコシステム拡張モジュールの一つであり、採掘されたGem NFTを再びエコシステム内で活用できるように設計された選択型の事後ユーティリティ構造である。Gem Refinementは、追加的な無制限NFT発行構造ではなく、同一の stoneType を持つGem NFT 2個を結合して、同一の stoneType のRefined Gem NFT 1個を生成する供給圧縮メカニズムである。

Gem NFT 2個
+ 少量のSTONE使用またはバーン
→ Parent Gem NFTs Burned
→ Refined Gem NFT 1個 Minted

精錬が1回実行されるたびに、親Gem NFT 2個はバーンされるか、回収不可能な方式で処理され、新しい Refined Gem NFT 1個のみが生成される。したがって、全体流通NFT数量は1個減少する。

2 Gem NFTs Burned → 1 Refined Gem NFT Minted
 Net Circulating NFT Supply = -1

初期Gem Refinementは、同一ストーンベースの精錬のみを許可することが望ましい。たとえばDiamond Gem NFT 2個はRefined Diamond Gem NFT 1個へ、Ruby Gem NFT 2個はRefined Ruby Gem NFT 1個へ精錬され得る。異なるストーン間の精錬は、ストーン別供給量、希少性、半減期、採掘難易度構造を複雑にする可能性があるため、初期モデルでは除外することが適切である。

項目	原則
必要素材	同一stoneTypeのGem NFT 2個
追加費用	少量のSTONE使用またはバーン
親NFT処理	親Gem NFT 2個をバーンまたは回収不可能処理
結果物	同一stoneTypeのRefined Gem NFT 1個
世代情報	Gen1またはRefined Generationとして記録
供給効果	全体流通NFT数量の減少
ミント権限	Refining Contractに限定
Admin Mint	なし
ランダム性	検証可能なランダム構造を使用

Refined Gem NFTの基準等級は、二つの親Gem NFTのうち、より高い等級を基準として算定できる。

$$T_{base} = \max(T_1, T_2)$$

ここで (T₁)、(T₂) は二つの親Gem NFTの等級であり、(T_{base}) は精錬結果算定の基準等級である。

等級体系は次のように単純化できる。

Tier Level	Tier
1	Common
2	Rare
3	Epic
4	Legendary

精錬結果は、基準等級と同一等級が出る確率を最も高く設定する。一段階低い等級が出る確率は非常に低くし、上方結果が発生する場合でも最大1~2段階の上昇に制限する。また、低い等級ほど上方可能性を相対的に高くし、高い等級ほど上方可能性を低く設定することで、高等級Gem NFTの希少性を保護する。

0から9,999までのランダム値 (U) を使用するBPS方式の基本閾値例は次の通りである。

$$U \in [0, 9,999]$$

$$10,000 \text{ BPS} = 100\%$$

Base Tier	-1 Tier	Same Tier	+1 Tier	+2 Tier
Common	なし	68.0%	27.0%	5.0%
Rare	1.0%	76.0%	20.0%	3.0%
Epic	1.5%	88.5%	10.0%	なし
Legendary	2.0%	98.0%	なし	なし

上記構造において、CommonとRareは精錬による上方可能性が相対的に高いが、Epic以降では上方確率が大きく低下する。Legendaryは精錬モデルの最上位等級として扱われ、追加上方は許可されない。この構造は、精錬への期待感を維持しながらも、高等級NFTが過度に生成されることを防止するためのものである。

二つの親Gem NFT間の等級差が大きい場合、上方確率は追加で調整され得る。等級差 (G) は次のように定義される。

$$G = |T_1 - T_2|$$

Tier Gap (G)	Upgrade Modifier	処理原則
0	100%	同一等級精錬。基本確率を適用
1	70%	隣接等級精錬。上方確率を一部減少
2	35%	大きな等級差。上方確率を大きく減少
3以上	制限	初期モデルでは精錬制限可能

上方確率は次のように調整できる。

$$\text{Adjusted Upgrade Probability} = \text{Base Upgrade Probability} \times \text{Upgrade Modifier}$$

調整によって減少した上方確率は、同一等級維持確率に加算される。これにより、高等級Gem NFT 1個に低等級Gem NFTを反復的に結合し、上位等級生成を試みる行為を制限できる。

Refining Contractは、所有権検証、同一ストーン検証、等級差検証、STONE使用またはバーン、親NFTバーン、ランダム値要求、Refined Gem NFT発行要求を実行する。Refined Gem NFTは運営者の任意発行によって生成されてはならず、Refining Contractが事前に定義された条件を検証した場合にのみ生成されなければならない。

Gem Refinementは、CryptoStoneの基本採掘構造を代替する機能ではない。これは採掘後のGem NFTの活用性、収集性、取引需要、ゲーム活用性を拡張するための選択型モジュールである。将来的にCryptoStoneは、Gem RefinementのほかにもMarketplace、Arena Game、Ranking System、Collection Questなど多様な拡張モジュールを通じて、デジタル宝石エコシステムを段階的に拡張していくことができる。

42. ウェブサイト、シミュレーターおよびエクスプローラーの必要性

CryptoStoneの Protokol そのものは、スマートコントラクトとオンチェーンデータによって作動するが、ユーザーがこれを直感的に理解し参加するためには、別途ユーザーインターフェースが必要である。

したがって、CryptoStoneエコシステムには次のようなウェブベースのツールが必要となり得る。

ツール	役割
Mining Simulator	ユーザーが保有するSTONE数量、選択したプール、ロックアップ期間に応じて予想採掘時間を計算する。
PoM Dashboard	ユーザーのプール別PoM値、必要PoM閾値、claim可能性を表示する。
Pool Dashboard	各ストーンプールの採掘量、残存数量、Pool Difficulty、Scarcity Multiplierを表示する。
Gem Explorer	採掘されたGem NFTの属性、希少度、tokenId、採掘時点、取引履歴を照会する。
Rarity Explorer	Weight、Color、Clarity、Cut組合せ別希少度とProbability Rarity Indexを確認する。
Protocol Status Page	100%公開流通、No Admin Mint、総発行量、確率表、プール状態など核心Protokol情報を検証可能に表示する。

これらのツールは、Protokolの必須信頼基盤を代替するものではなく、ユーザーがオンチェーンデータを容易に理解できるよう支援するインターフェースの役割を果たす。つまり、CryptoStoneの本質はコントラクトとオンチェーン規則にあり、ウェブサイトとエクスプローラーはそれを解釈し可視化する手段である。

43. 今後の推進方向

CryptoStoneは初期にはEVM互換ネットワーク上で、ERC-20、ERC-721、Mining Pool Contract構造として開始することが望ましい。この段階では、Protokolの核心であるステーキング、マイニングパワー計算、PoM蓄積、ストーン別半減期、宝石属性生成、Gem NFT Mint構造を検証することに集中すべきである。

その後、ユーザーが容易に参加できるよう、マイニングダッシュボード、Mining Simulator、PoM Dashboard、Gem Explorer、Rarity Explorer、ストーン別取引データ、NFTマーケットプレイス機能を拡張する必要がある。CryptoStoneの価値は、収集市場の理解とデータ透明性から発生するため、各宝石の希少度、取引履歴、ストーン別フロア価格、高等級宝石ランキングを誰でも確認できるデータレイヤーが重要である。

エコシステムが成長すれば、CryptoStoneは単純なスマートコントラクトプロジェクトを超えて、専用AppchainまたはRollupへ拡張され得る。この場合、STONEは単なるマイニングトークンを超えて、ネットワークのガストークンまたはネイティブ資産として機能でき、Gem NFTはCryptoStoneネットワークの基本デジタル資産として位置付けられる可能性がある。

長期的には、独立したCryptoStone Mainnetへ発展することも検討できる。この場合、独自バリデーター、オープンソースノード、ネイティブマイニングモジュール、オンチェーンランダムモジュール、独自マーケットプレイス、公開的なプロトコル改善手続きが必要である。ただし、メインネットは単に技術的にチェーンを作るのではなく、十分なユーザー、流動性、バリデーター、開発者エコシステムが形成された後に推進されるべきである。

CryptoStoneの長期的方向性は、一つのNFTコレクションを運営することではなく、デジタル宝石という新しいオンチェーン資産カテゴリを形成することにある。

44. 法的事項および投資リスクに関する注意事項

CryptoStoneは、実物宝石の所有権、交換権、担保権を提供しない。CryptoStone Gem NFTは現実宝石に対する請求権ではなく、オンチェーン上で採掘されたデジタル宝石資産である。

CryptoStoneのステーキングおよびロックアップ構造は、固定収益、利息、配当、投資収益を提供するための構造ではない。STONEをマイニングプールに投入する行為は、Gem NFT採掘機会を獲得するためのプロトコル参加行為であり、特定の収益率や市場価格上昇を保証しない。

STONEの保有またはステーキングは、特定収益、配当、利息、価格上昇、NFT販売収益を保証しない。Gem NFTは収集型デジタル資産であり、その市場価値は外部市場参加者の主観的評価と需要によって変動し得る。

PoMは、別途の投資資産、債権、収益権、ポイント、取引可能なトークンではない。PoMは、特定ストーンプールにおいてユーザーが採掘作業量を蓄積したかを示すプロトコル内部指標であり、プール間で変換されたり外部へ譲渡されたりすることはできない。

また、CryptoStoneは特定収益率、価格上昇、元本保証、市場流動性を約束しない。CryptoStoneの価値は、市場参加者の収集需要、希少性に対する認識、取引活性度、エコシステム拡張性によって形成され得る。

本ホワイトペーパーで提示された数値と公式は、分散型デジタル宝石という概念を実装するための初期設計値である。これは現実宝石市場のすべての経済的・文化的・宝石学的要素を完全に表現したものではなく、エコシステムの完全な経済モデルと断定することはできない。

リスク	説明
スマートコントラクト脆弱性	コードエラーまたはハッキングの可能性
ランダム生成リスク	ランダムインフラ依存性または実装上のエラー
NFT市場需要不足	収集需要が十分でない可能性
STONE流動性不足	取引所およびDEX流動性不足の可能性
規制環境の変化	国別デジタル資産規制の変化
メインネット拡張失敗	長期ロードマップが実現されない可能性
希少性評価の不確実性	市場が希少性を異なる形で評価する可能性
初期パラメータリスク	数値が実際の市場需要と異なる形で作動する可能性
バーン負担	Claim BurnとMaturity Burnが参加者負担として作用する可能性
公開流通初期の変動性	100%公開流通構造において初期市場価格変動性が大きい可能性
LP構造リスク	初期流動性供給およびLP処理方式への信頼問題が発生する可能性

したがって、CryptoStoneは技術的、経済的、法的検討を経て慎重に実装されなければならない。

45. プロジェクトの意義

CryptoStoneの意義は三つに整理できる。

第一に、CryptoStoneはNFTの概念を外部コンテンツの所有権から脱却させ、NFT自体が属性ベース資産になり得ることを提案する。既存NFTが画像やプラットフォームに依存するが多かったのに対し、CryptoStoneは宝石の属性をオンチェーンデータとして直接保有することで、NFT自体の資産性を強化しようとする。

第二に、CryptoStoneは宝石の希少性と等級構造をデジタル環境へ移転する。現実の宝石は重量、色、透明度、カットによって価値が異なる。CryptoStoneはこれを確率表、採掘難易度、半減期、供給量制限によって実装する。

第三に、CryptoStoneは分散型採掘の概念を、ビットコイン以降の新しい資産領域へ拡張する。ビットコインが金の希少性をデジタル化したのであれば、CryptoStoneは宝石の希少性と収集性をデジタル化する。

CryptoStoneは現実の宝石を代替すると主張しない。CryptoStoneは宝石という資産概念をデジタル環境で新しく解釈するプロジェクトである。

筆者は、このような試みが、今後ブロックチェーン技術が単純な金融取引を超えて、現実世界の抽象的価値と属性ベース資産をデジタル環境で表現することに貢献できると考える。

46. 結論

CryptoStoneは、デジタル宝石という新しい資産概念を提案する。

ビットコインが現実の金を直接保管しなくてもデジタルゴールドという概念を生み出したように、CryptoStoneは現実宝石の所有権を担保しなくても、宝石の核心属性である希少性、採掘性、等級性、収集性をデジタル環境で実装しようとする。

CryptoStoneの構造は次のように要約される。

核心構造	内容
単一トークン	STONE ERC-20
初期発行量	1,200,000,000 STONE
流通構造	100%公開流通
アクセス方式	公開DEX流動性を通じた市場アクセス
NFT構造	一つのERC-721 Gem NFTコントラクト
マイニングプール	12個の独立宝石マイニングプール
プール実装	同一Pool Template + Factory構造
Base Mining Unit	100,000 STONE
Target Pool Power	40,000,000 Power
12プール全体Target Power	480,000,000 Power
PoM構造	Proof of Miningベースの蓄積作業量モデル
Claim条件	プール別PoM \geq Required PoM Threshold
Claim Burn	20 STONE \times Scarcity Multiplier
Lock Model	Flexible、90日、180日、365日
減価償却	ロックアップ期間に応じたMaturity Burn
希少度	Rarity Score + Probability Rarity Index
半減期	ストーン別Scarcity Multiplier
ランダム性	初期VRFまたはCommit-then-Reveal、長期ネイティブランダムモジュール
ハッシュパワー対応概念	STONEベースのMining Power
分散性	No Admin Mint、No Central Server、finalize構造
公開検証	ソースコード公開、監査報告書、LP処理履歴、確率表検証
エコシステム拡張	Marketplace、Gem Refinement、Arena Game、Ranking System、Collection Quest
ユーザーツール	Mining Simulator、PoM Dashboard、Gem Explorer、Rarity Explorer
長期方向	AppchainまたはMainnet拡張可能性

筆者は、CryptoStoneの目標が短期的なNFT販売にあるとは考えない。CryptoStoneの目標は、デジタル環境において宝石という資産概念がどのように分散型で実装され得るかを証明することである。

CryptoStoneの信頼は、創設者の権威、内部配分、中央運営権限ではなく、固定された発行量、100%公開流通構造、検証可能なPoMモデル、変更不可能な確率表、公開検証可能なコントラクト、そして誰でも確認可能なオンチェーンデータから形成される。

ビットコインがデジタルゴールドであるなら、CryptoStoneは分散型デジタル宝石である。