

『海洋における「危機管理投資」』と『宇宙における「成長投資」』

海洋における「危機管理投資」

- 2019年以降激化している米中貿易戦争に伴い、中国はレアアースを「重要な戦略資源」と宣言し、レアアース禁輸を示唆しており、アメリカをはじめとした先進諸国は、レアアースを筆頭とする重要資源のサプライチェーンの強靱化に取り組んでいます。その様な背景の中で、国は、2022年12月に、「サプライチェーン強靱化」法制の一環として、国内における原料調達・生産を強化する「特定重要物資」に11物資を指定しました。（抗菌性物質製剤、肥料、永久磁石、工作機械・産業用ロボット、航空機の部品、半導体、蓄電池、クラウドプログラム、天然ガス、重要鉱物、船舶の部品の11物資です。）その後、2024年1月には、「先端電子部品」が追加指定され12物資に。また、重要鉱物の（レアメタル、レアアース）に（ウラン）が追加指定されました。
- 著者は、資源安全保障の観点から、国際情勢や地政学リスクに左右されない「国産資源開発」の積極的な投資が必要と主張し、SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)で取り組んできた南鳥島海域のレアアース泥の、探査・採鉱・揚泥・製錬まで一連で行うシステム技術の開発を急ぎ、また、日本のEEZにおける海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガン団塊について、採鉱・揚鉱、選鉱・製錬、等の取組を推進すべしと主張します。

- P2～P5において、南鳥島海域のレアアース泥の、探査・採鉱・揚泥・製錬まで一連で行うシステム技術の開発と、日本のEEZにおける海底熱水性硫化物鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガンジュールについての、採鉱・揚鉱、選鉱・製錬の、「危機管理投資」を見てみましょう。

宇宙における「成長投資」

- 著者は、日本に強みがある多くの技術の社会実装とともに、勝ち筋となる産業分野につき国際競争力強化と、人材育成に資する国の戦略的支援の構築を主張します。
- 対象とする産業分野は、全固体蓄電池、産業用機械・ロボット、積層造形技術、マテリアル、電磁波、電子顕微鏡、核磁気共鳴装置、超電導、宇宙(スペースデブリ除去・軌道上サービス・測位衛星・SAR衛星・ロケット等)、コンテンツ関連を含むクリエイティブ産業などとし、この分野における更なる国際競争力強化と人材育成に資する、国の戦略的支援すなわち「成長投資」の強化をすべしと主張します。

- P6において、SAR衛星への「成長投資」を見てみましょう。



株式会社Synspectiveの小型SAR衛星「StriX-3」
SPACE CONNECTより引用

『海洋における「危機管理投資」』で注目したい2つのプロジェクト

「南鳥島海域のレアアース泥」 & 「日本のEEZにおける、海底熱水性硫化物鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガンノジュール」

海底鉱物資源



レアアース泥



「南鳥島海域のレアアース泥」開発 (P3)

- レアアースはテレビやデジカメ、携帯電話、パソコン、ハイブリッド/電気自動車など、私たちの日常生活に欠かせない様々なハイテク製品に使われています。例えば、ネオジムやジスプロシウムを使った小型かつ強力なレアアース磁石によって、電気自動車のモーターが作られます。その他、LEDや燃料電池のほか、インフルエンザ治療薬やMRI造影剤などの医療分野、さらには航空宇宙産業や安全保障分野にもレアアースは重要な役割を果たしています。(P4「主なレアアース製品群」参照)
- 南鳥島レアアースの埋蔵量は、日本の年間需要の3百年分以上に及ぶことが分り、探査・採鉱・揚泥・製錬までの一連のシステム技術の開発が、国家プロジェクトとして、進められています。(東大 加藤教授資料より)



海底熱水性硫化物鉱床
含有する有用金属
銅、鉛、亜鉛、金、銀



コバルトリッチクラスト
含有する有用金属
ニッケル、コバルト、白金



マンガンノジュール
含有する有用金属
鉄、マンガン、銅、ニッケル、コバルト

「日本のEEZにおける、海底熱水性硫化物鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガンノジュール」開発 (P5)

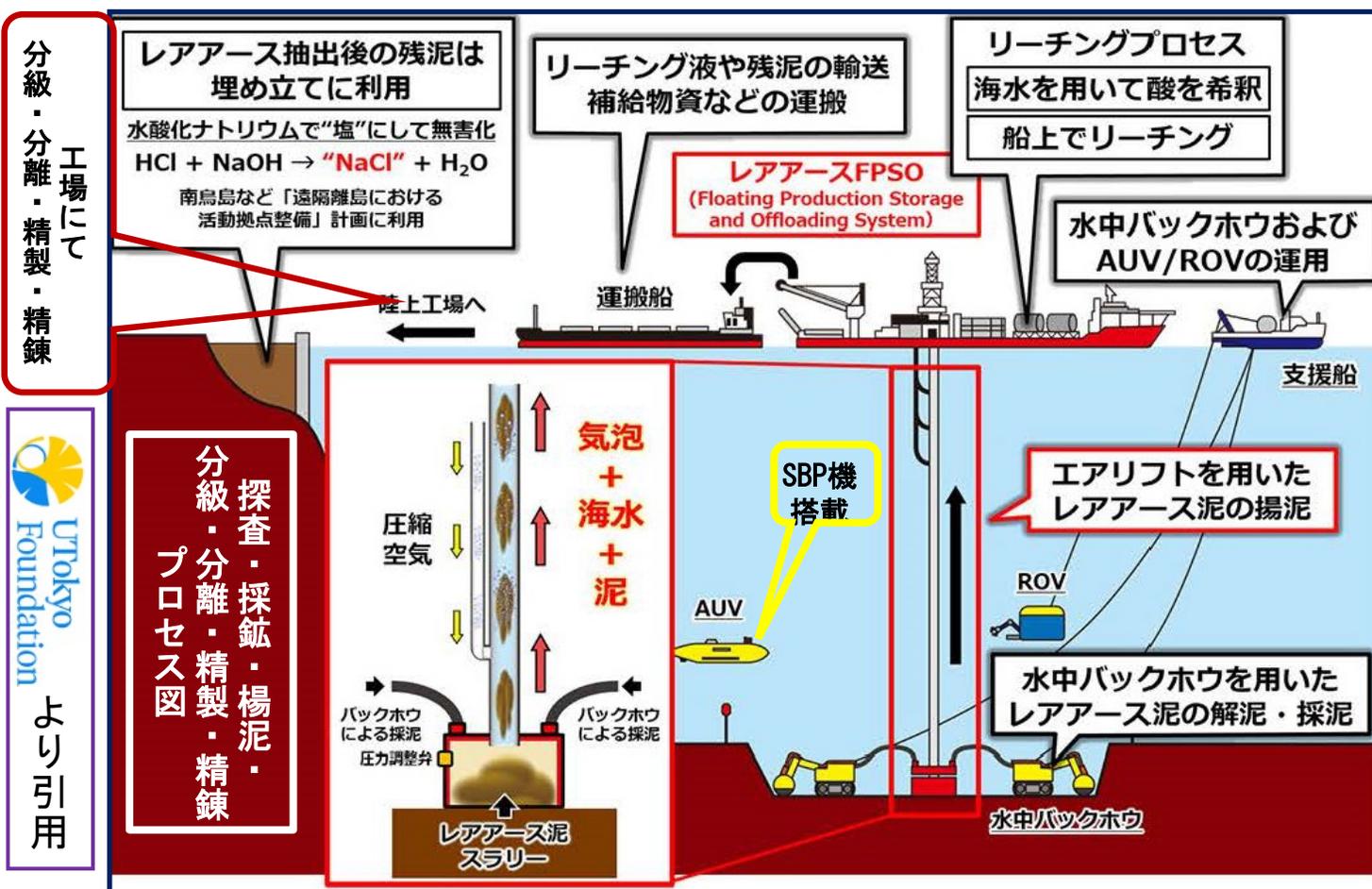
- 南鳥島のレアアース泥の探査・採鉱・揚泥・製錬まで一連で行うシステム技術の開発が確立されることで、日本のEEZ全域での「海底鉱物資源」の探査・採鉱・揚泥・製錬の体制が進み、重要資源のサプライチェーンの強靭化が進められます。

「南鳥島海域のレアアース泥」 開発の概要

- 南鳥島の南方約2500平方キロメートルの範囲には1600万トン以上のレアアースが埋蔵されています。
- レアアースの埋蔵量世界ランキングは次のとおりです。1位 中国（4400万トン）、2位 ベトナム（2200万トン）、3位 ブラジル（2200万トン）、4位 ロシア（1200万トン）、5位 インド（700万トン）です。

探査・採鉱・揚泥・製錬までの一連のシステム技術とは

- ① 探査；ROVやAUVを投入し、音響測深機（SBP）により海底下浅部地層構造データを取得し、レアアース泥の存在場所を特定。
- ② 採鉱・揚泥；水中バックホウにより採泥し、そのスラリーを、FPSOから水深約6千メートルの海底まで伸びた揚泥管（エアリフト）に挿入し、次に揚泥管のパイプに圧縮空気を送り込んで泥水に空気を混ぜ、浮力を利用して引き揚げます（揚泥）。揚泥されたレアアース泥から、希塩酸を用いてレアアースをリーチング（浸出）します。
- ③ 運搬船による輸送&分級・分離・精製・製錬；リーチング溶液を南鳥島の工場へ輸送し、工場において、レアアース溶液を分級・分離・精製・製錬します。
- ④ ③でレアアースの製品化は完了です。製錬されたレアアースは、本土の各メーカーの工場に送られ、電解・還元を経て合金化されレアアース磁石などが製造されます。
- ⑤ 上記の一連のシステム技術の社会実装は、2028年以降の見込みです。なお、本採掘は、陸上での採掘と違い、放射性物質のトリウムが無い点は、重要なポイントです。



【用語解説】

- 水中バックホウ；水中・空圧ショベル □ スラリー；泥状混合物
- レアアースFPSO；浮体式海洋レアアース生産貯蔵積出設備船（Floating Production, Storage and Offloading system: FPSO）。
- リーチング；浸出（液体に浸して染み出させる）。
- AUV；Autonomous Underwater Vehicle コンピューターと動力源（バッテリー）が内蔵されており、ケーブルを必要とせずに自律航行や自律制御を行う機体。
- ROV；Remotely Operated Vehicle 母船とケーブルで接続して遠隔操作する機体。
- SBP；サブボトムプロファイラー、音響による海底表層地層探査機。

工場にて
分級・分離・精製・精錬
より引用
UTokyo Foundation

探査・採鉱・揚泥・
分級・分離・精製・精錬
プロセス図

1	2											13	14	15	16	17	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	H											5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2	3	4											13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
3	Li	Be											13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
4	11	12	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
5	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	ランタノイド群	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	アクチノイド群	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
6	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
7	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
8	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000



【参考】レアアースの種類とレアアース製品群

- 「産業のビタミン」と呼ばれるレアアース17種の中でも、特に重要な重レアアースであるジスプロシウム (Dy)、テルビウム (Tb)、ユウロピウム (Eu)、イットリウム (Y) に、軽レアアースのネオジウム (Nd) を加えた5元素が、南鳥島沖のレアアース泥に、高濃度に含有しています。
- 開発の障害になる放射性物質のトリウムが、陸上で採掘されるレアアースとは異なり、ほとんど含まれておらず、環境汚染の問題がないことも重要なポイントです。

軽レアアース (LREE)

重レアアース (HREE)

57-71	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
ランタノイド群	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
89-103	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
アクチノイド群	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

特にDy, Tb, Yなどの重レアアースとScが最も重要

UTokyo Foundation より引用

現在の主なレアアース製品群

- ・ **レアアース磁石**：ネオジウム磁石 ((Nd, Dy)₂Fe₁₄B)
- ・ **レアアース発光材料**：LED (Ce, Eu), レーザー (YAG-Nd³⁺)
- ・ **水素吸蔵合金**：HV用ニッケル水素二次電池 (LaNi₅)
- ・ **研磨剤**：ガラス (レンズ) の研磨 (CeO₂)
- ・ **光学ガラス**：高屈折率ガラス添加物 (La₂O₃)
- ・ **燃料電池用固体電解質**：Y₂O₃-ZrO₂, Sc₂O₃-ZrO₂
- ・ **自動車排ガス処理触媒**：CeO₂-ZrO₂
- ・ **MRI造影剤**：Gd-DPTA錯体
- ・ **医薬品合成触媒**：インフルエンザ治療薬の合成触媒 (Y, Nd)
- ・ **合成ゴム製造触媒**：ブタジエンゴム高弾性化触媒 (Nd)
- ・ **アルミニウム-スカンジウム合金**：軽量高強度金属材料 (Sc)

□ レアアース (希土類) とは、レアメタルの仲間、以下の17元素。

- スカンジウム (Sc)、イットリウム (Y)、ランタン (La)、セリウム (Ce)、プラセオジウム (Pr)、ネオジウム (Nd)、プロメチウム (Pm)、サマリウム (Sm)、ユウロピウム (Eu)、ガドリニウム (Gd)、テルビウム (Tb)、ジスプロシウム (Dy)、ホルミウム (Ho)、エルビウム (Er)、ツリウム (Tm)、イッテルビウム (Yb)、ルテチウム (Lu)

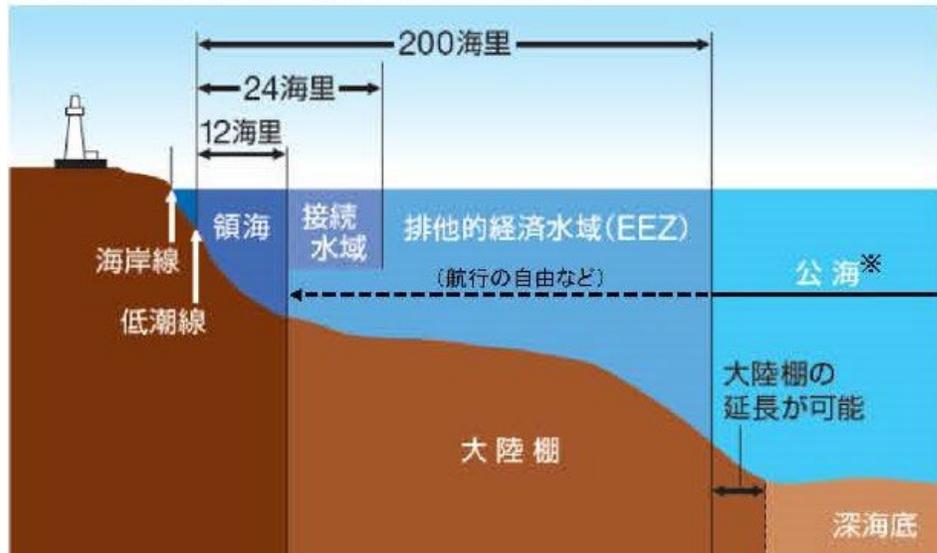
- また、ランタン (La) からサマリウム (Sm) までの6元素を軽レアアース、ユウロピウム (Eu) からルテチウム (Lu) までの9元素にイットリウム (Y) を加えた10元素を重レアアースと呼びます。特に、重レアアースは産業上の重要性が高い元素群です。また、最近ではスカンジウム (Sc) の重要性も広く認知されつつあります。

日本のEEZ（排他的経済水域）の面積は世界6位。
 今後の、海底熱水性硫化物鉱床、コバルトリッチクラスト、
 マンガンノジュールの開発が期待される。

- 日本のEEZの面積は世界第6位です（下表参照）。現在推進中の南鳥島における、レアアースの探査・採鉱・揚泥・製錬の一連のシステム技術が確立され、日本のEEZ全域に拡大されることで、「重要鉱物」の国内調達が一層と進み、サプライチェーンの強靱化と経済安全保障が確保されます。
- 一連の開発技術による先進的製品は、海外に輸出され、経済活性化に繋がります。



◆ 領海・排他的経済水域等模式図



海上保安庁H・Pより引用

順位	国名	海洋面積*	国土面積 (世界順位)
1	アメリカ	762万平方キロ	983万平方キロ (3位)
2	オーストラリア	701万平方キロ	769万平方キロ (6位)
3	インドネシア	541万平方キロ	191万平方キロ (14位)
4	ニュージーランド	483万平方キロ	27万平方キロ (74位)
5	カナダ	470万平方キロ	998万平方キロ (2位)
6	日本	465万平方キロ	38万平方キロ (61位)

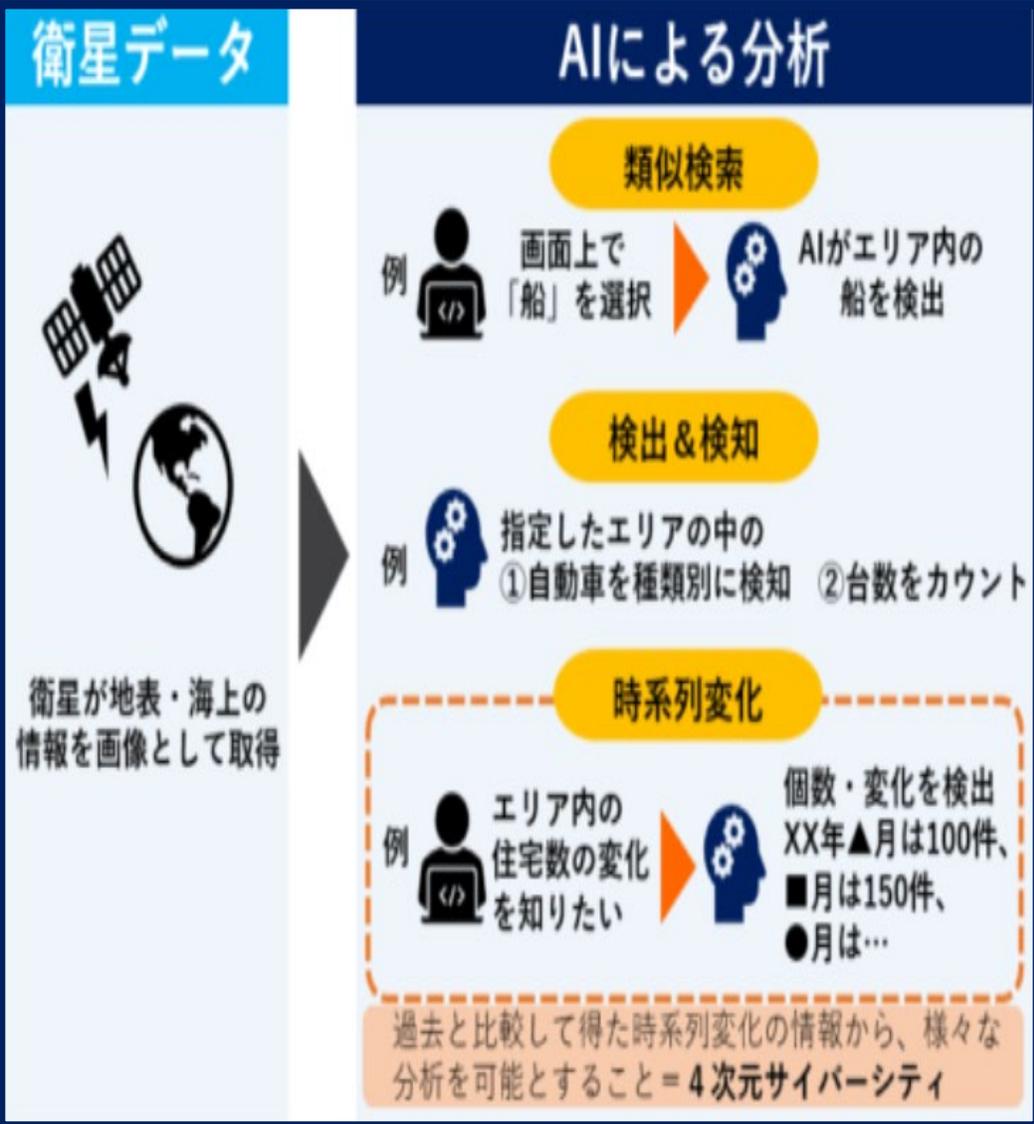
NIAISからのオンラインより引用

【注】排他的経済水域（EEZ）における主権的権利と管轄権（海上保安庁）
 排他的経済水域（EEZ）は、領海の基線からその外側200海里（約370km）の線までの海域（領海を除く。）並びにその海底及びその下です。排他的経済水域においては、以下の権利、管轄権等が認められています。

1. 天然資源の探査、開発、保存及び管理等のための主権的権利
2. 人工島、施設及び構築物の設置及び利用に関する管轄権
3. 海洋の科学的調査に関する管轄権
4. 海洋環境の保護及び保全に関する管轄権

宇宙における「成長投資」

—情報収集衛星SAR衛星の情報をAIで活用—



SAR衛星の画像データをAI分析で何が出来るか

- 「SAR（合成開口レーダー、Synthetic Aperture Radar）衛星」は、電磁波（マイクロ波）を地表に向けて照射し、はね返ってきた電磁波を受信・解析することで、地表の状態を映像化します。
 - 24時間365日天候に関係なく観測でき、定点観測により微細な変化を観測できる点が特徴です。
 - 対象物を、AIの解析による「変化の自動検出」によって可視化することができます。また、解析した情報と、GDPなどの経済指標との相関を示唆することができるのも特徴といえるでしょう。
 - 分析機能としては、①対象物と類似したものを探し出すことができる「類似検索機能」、②対象物を検出して数量を測定できる「検出&検知機能」、③過去に撮影された衛星写真と現在の比較を行うことができる「時系列変化抽出機能」などがあります。以下具体的な利用事例を、機能別に、見てみましょう。
- ① **類似検索機能**
 - 石油タンク監視による備蓄状況（石油の量により上下する蓋の高さを観測し、世界のエリア毎の備蓄状況を把握します。）
- ② **検出・検知機能**
 - 同一地域の、農作物育成状況のモニタリング（農作物の葉の反射状況から育成状況を把握し、収穫の時期を決定。）
- ③ **時系列変化抽出機能（時期を変えて撮影したデータを比較）**
 - 森林伐採監視、地盤沈下状況把握、水道管損傷状況把握など。
- 又、複数の「SAR衛星」を把ねて一つのシステムとして統合的に運用する「衛星コンステレーション（Constellation：星座）」が注目されています。（ウクライナのロシア軍の動きを把握する等の例があります。）
- これから、宇宙産業の市場拡大による「強い経済」実現に期待です。