
ウラン資源に関する最近の動向

2010年11月5日

経営企画部 戦略調査室

須藤 収

はじめに

2009年9月にWNA (World Nuclear Associations)が、2030年までの核燃料の需給予測 (The Global Nuclear Fuel Market – Supply and Demand 2009-2030 –) を発表し、そして2010年7月にOECD/NEAとIAEAが2035年までのウラン需給関係 (Uranium 2009: Resources, Production and Demand) を発表した。

この二つの報告書の内容を中心に下記の項目について報告する。

- ・ウラン資源
- ・ウラン生産
- ・ウラン鉱山開発
- ・原子力発電設備容量予測
- ・ウラン需要予測
- ・ウラン生産予測
- ・ウラン2次供給予測
- ・ウラン需給予測
- ・ウラン資源リスク
- ・参考資料「ウラン資源の可採資源量は？」

ウラン資源(1)

—Uranium 2009のウラン資源量評価その1—

1. 発見資源量(確認資源量と推定資源量の合計)

- ・生産コストの増加により2007年の評価に比べて低コスト資源は大幅に減少
 <40ドル/kgU(15ドル/lbU₃O₈)の資源は73%減少
 <80ドル/kgU(31ドル/lbU₃O₈)の資源は16%減少
 <130ドル/kgU(50ドル/lbU₃O₈)の資源は1.2%減少
- ・将来のウラン価格の上昇に対応するため新たに<260ドル/kgU(100ドル/lbU₃O₈)の資源区分を設定

資源量は6,306,300tUで2007年の<130ドル/kgUの資源量5,468,800tUに比べて16%増加。資源量の増加は2009年の需要の約13年分(837,000tU)。増加分のほとんどは、既存の鉱床の再評価と既存鉱山の寿命延長や拡張のための探査による。

2. 未発見資源量(予測資源と期待資源の合計)

- ・2007年の評価量10,540,100tUに比べて10,400,500tUと約1%減少したが既存の評価の見直しによるもの。これまで同様多くの国からデータの提供がなかった。この中にはオーストラリア、ナミビアなどの主要資源国が含まれていて、探査地域がまばらであり、定期的に資源評価を実施していないのが未報告の理由で、まだ多くの資源が存在していると考えられている。

ウラン資源(2)

—ウラン資源量—

(1000tU)

出典: Uranium 2009

資源分類	2003年評価	2005年評価	2007年評価	2009年評価
発見資源(確認+推定)				
<260ドル/kgU(100ドル/lbU ₃ O ₈)	—	—	—	>6306
<130ドル/kgU(50ドル/lbU ₃ O ₈)	4588	4743	5469	5404
<80ドル/kgU(31ドル/lbU ₃ O ₈)	3537	3804	>4456	3742
<40ドル/kgU(15ドル/lbU ₃ O ₈)	>2523	>2749	2970	>796
確認資源(RAR)				
<260ドル/kgU(100ドル/lbU ₃ O ₈)	—	—	—	>4004
<130ドル/kgU(50ドル/lbU ₃ O ₈)	3169	3297	>3338	3525
<80ドル/kgU(31ドル/lbU ₃ O ₈)	2458	2643	2598	>2516
<40ドル/kgU(15ドル/lbU ₃ O ₈)	>1730	>1947	>1766	570
推定資源(Inferred Resources)				
<260ドル/kgU(100ドル/lbU ₃ O ₈)	—	—	—	2302
<130ドル/kgU(50ドル/lbU ₃ O ₈)	1419	1446	>2130	>1879
<80ドル/kgU(31ドル/lbU ₃ O ₈)	1079	1161	>1858	1226
<40ドル/kgU(15ドル/lbU ₃ O ₈)	>793	>799	1204	>226 ⁴

ウラン資源(3)

—世界の主要ウラン資源国—

(tU)

国名	生産コスト			
	<40ドル/kgU	<80ドル/kgU	<130ドル/kgU	<260ドル/kgU
オーストラリア	—	1,612,000(43%)	1,673,000(31%)	1,679,000(27%)
カザフスタン	44,400(6%)	475,500(13%)	651,800(12%)	832,000(13%)
ロシア	0	158,100(4%)	480,300(9%)	566,300(9%)
カナダ	366,700(46%)	447,400(12%)	485,300(9%)	544,700(9%)
米国	0	39,000(1%)	207,400(4%)	472,100(7%)
南アフリカ	153,300(19%)	232,900(6%)	295,600(5%)	295,600(5%)
ナミビア	0	2,000	284,200(5%)	284,200(5%)
ブラジル	139,900(18%)	231,300(6%)	278,700(5%)	278,700(4%)
ニジェール	17,000(2%)	73,400(2%)	272,900(5%)	275,500(4%)
ウクライナ	5,700	53,500(1%)	105,000(2%)	223,600(4%)
合計	727,700(91%)	3,325,100(89%)	4,734,200(88%)	5,451,700(86%)

ウラン資源(4)

—Uranium 2009のウラン資源量評価その2—

1. 非在来型ウラン資源

2009年11月に非在来型ウラン資源に関するIAEAのTechnical Meetingがあり、それらの報告も含めて、エジプト、フィンランド、ペルー、南アフリカから提供された情報が記載されている。

- ・カメコがリン鉱石からのリン酸肥料製造過程でリン酸より低コストでウランを回収する革新的方法(PhosEnergy process)に投資し、オーストラリアで実証試験を実施予定。予想コストは65～78ドル/kgU(25～30ドル/lbU₃O₈)。(年間約100万トンのリン鉱石が処理されリン酸が製造されているが含まれているウラン量は約7,700tU)
- ・ブラジルがItataia 鉱山から生産されるリン酸から年間1000tUを回収するSt. Quiteriaプロジェクトを進めていて2012年に生産開始の予定。
- ・エジプトからupper Cretaceousリン鉱石鉱山のウラン埋蔵量42,000tU(50～200ppm)、ペルーからBayovar 鉱山のウラン埋蔵量16,000tU(平均60ppm)、南アフリカから長期生産可能な430ppmのウランを含むリン鉱石鉱山の報告があった。
- ・中国は石炭火力発電所の灰からのウラン回収プロジェクトを進めている。生産規模は数百tU/y。(カナダのSparton Resourcesの技術)
- ・ウラン価格が260ドル/kgUを越える価格になれば、非在来型の資源からの副産物としてウラン生産が商業的に可能になるだろう。

ウラン生産(1)

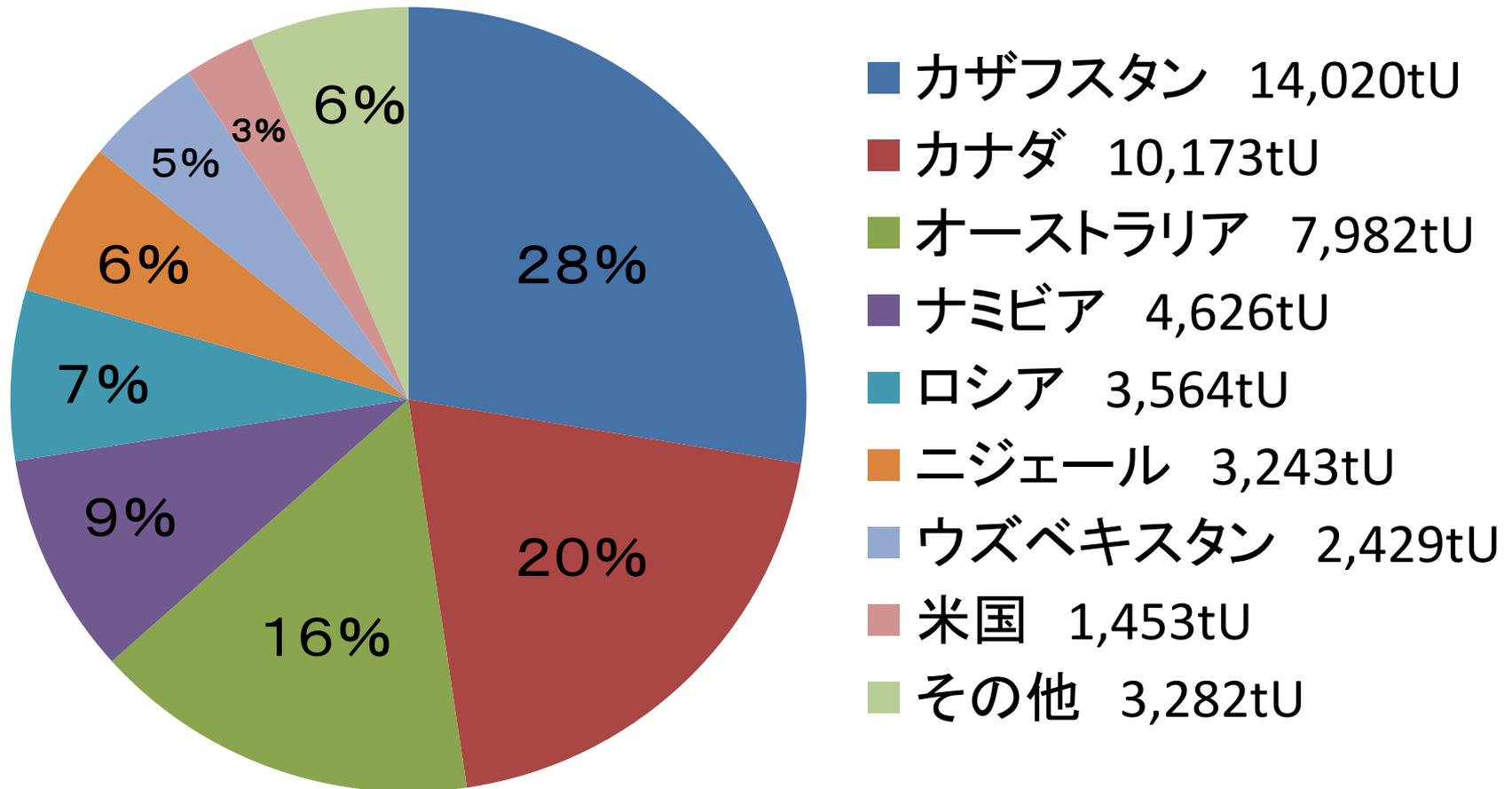
—2009年のウラン生産トピックス—

- ・2009年のウラン生産量は50,772tU
- ・ウラン需要の76%を供給し、2008年の68%より増加
- ・2008年より6,919tU増加(15.8%増加)
- ・カザフスタンの生産増加量は5,499tU
- ・カザフスタンがカナダを追い抜き世界第1位のウラン生産国
カザフスタン 2008年:8,521tU 2009年:14,020tU
カナダ 2008年:9,000tU 2009年:10,173tU
- ・カザフスタンの2003年からの生産増加量は10,720tU
- ・カザフスタンの今後の生産計画は2010年に18,000tU/y、2016年までに25000tU/y(将来30,000tU/yも可能)
- ・ナミビアの生産計画として2015年までに20,000tU/y
- ・カザフスタン(28%)、カナダ(20%)、オーストラリア(16%)、ナミビア(9%)、ロシア(7%)、ニジェール(6%)、ウズベキスタン(5%)、米国(3%)の上位8カ国で世界の生産量の94%を占める。

ウラン生産(2)

—2009年の主要国ウラン生産量—

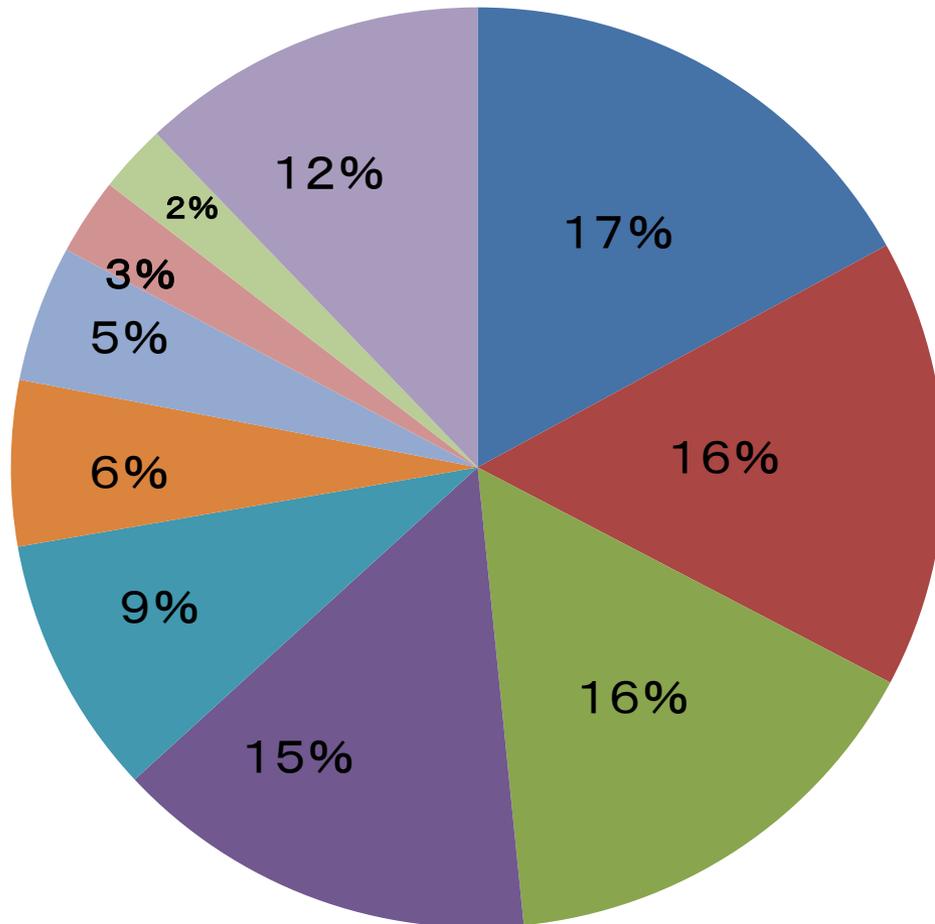
ウラン総生産量 50,772tU



ウラン生産(3)

—2009年の主要企業ウラン生産量—

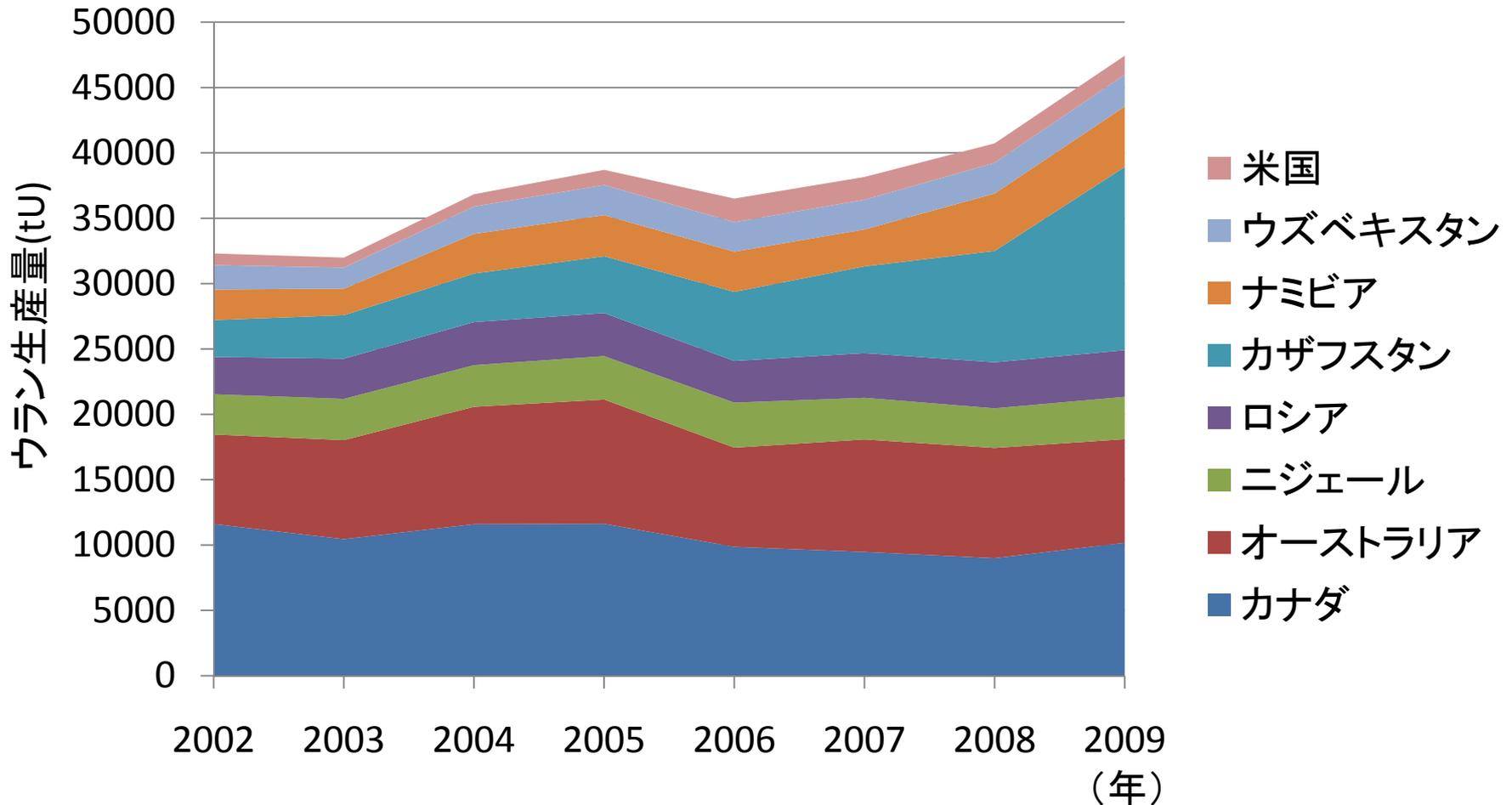
総生産量 50,772tU



- AREVA 8,623tU
(フランス)
- Cameco 8,000tU
(カナダ)
- Rio Tinto 7,963tU
(イギリス)
- Kazatomprom 7,467tU
(カザフスタン)
- ARMZ 4,624tU
(ロシア)
- BHP billiton 2,955tU
(オーストラリア)
- Navoi 2,429tU
(ウズベキスタン)
- Uranium One 1,368tU
(カナダ)
- Paladin 1,210tU
(オーストラリア)
- その他 6,133tU

ウラン生産(4)

— 主要国のウラン生産量推移 —



データ出典：2008年まではUranium2005,Uranium2007,Uranium2009
 2009年はWNA (<http://www.world-nuclear.org/info/inf75.html>)

ウラン生産(5)

－2009年の主要ウラン鉱山生産量－

鉱山名	所在国	所有企業	採掘方法	2009年 生産量 (tU)	生産 割合 (%)
McArthur River	カナダ	Cameco	坑内掘り	7,339	15
Ranger	オーストラリア	ERA (Rio Tinto 68%)	露天掘り	4,444	9
Rossing	ナミビア	Rio Tinto (69%)	露天掘り	3,520	7
Kraznokamensk	ロシア	ARMZ	坑内掘り	3,004	6
Olympic Dam	オーストラリア	BHP Billiton	坑内掘り	2,955	6
Tortkuduk	カザフスタン	Areva/Kazatomprom	ISL *	2,272	4
Arlit	ニジェール	Areva/Onarem	露天掘り	1,808	4
Rabbit Lake	カナダ	Cameco	坑内掘り	1,447	3
Akouta	ニジェール	Areva/Onarem	坑内掘り	1,447	3
Budenovskoye 2	カザフスタン	Kazatomprom	ISL *	1,415	3
合計				29,638	59

* ISL: in situ leaching

データ出典: WNA (<http://www.world-nuclear.org/info/inf75.html>)

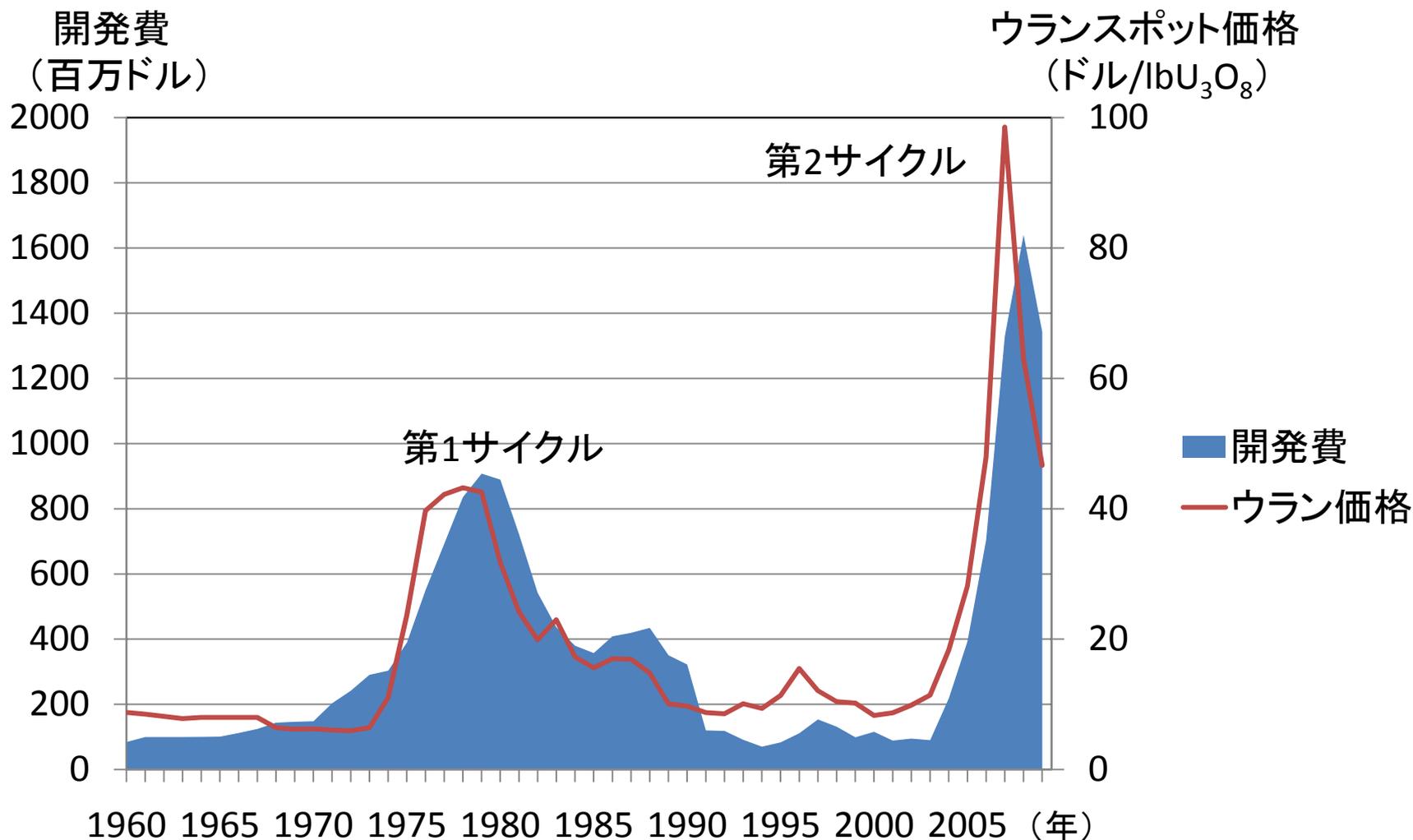
ウラン鉱山開発(1)

—2008年のウラン鉱山開発活動—

- ・2008年ウラン探査及び鉱山開発への国内投資額は16.41億ドルで、ウランスポット価格の下落にも関わらず、2007年の13.28億ドルから23.5%増加、2006年の704.3百万ドルからは133%増加。
- ・2002年(95.1百万ドル)より連続増加している。
- ・2002年からのウラン価格の上昇に伴い、ウラン鉱山開発費は上昇し始め、1980年前後のウラン鉱山開発活動の第1サイクルに続く第2サイクルに入っている。
- ・現在稼働中もしくは開発中のウラン鉱山は第1サイクルのウラン鉱山開発で発見されたもので、今回の第2サイクルのウラン鉱山開発活動は20年後のウラン生産を支えるものとなる。
- ・ウラン価格動向によっては、第2サイクルは長期間続く可能性がある。
- ・これまでおこなわれたことのない国でもウラン探査が行われていて、これらの探査費は含まれていない。
- ・オーストラリア、カナダ、カザフスタン、ニジェール、ロシア、米国でウラン鉱山開発費の90%を占める。オーストラリア、カナダ、米国で60%を占める。

ウラン鉱山開発(2)

ーウラン鉱山開発費とウラン価格ー



データ出典: 開発費は“Forty Years of uranium Resources, Production and Demand in perspective”, OECD/NEA and IAEA, 2006. Uranium 2007, Uranium 2009. ウラン価格はUx Consulting

ウラン鉱山開発(3)

－今後のウラン鉱山開発－

1. ウラン価格の動向

- ・ウラン生産企業、資源アナリスト、投資アナリスト等は2011年に入れば、ウラン価格は上昇を始め、2014年までには60ドル/lbU₃O₈～70ドル/lbU₃O₈まで上昇すると予測している。
- ・11月に中国がAREVAと10年間で20,000tUを75ドル/lbU₃O₈の価格で購入する長期契約を結ぶとの報道がある。
- ・価格上昇予測の背景は中国、インドなどの原子力発電の大幅な利用拡大と全世界的な気候変動対策としての原子力利用の見直しである。

2. ウラン鉱山開発の動向

- ・中国とロシアは未開発のアフリカに大規模な投資を計画中。
- ・ロシアはカナダのUranium Oneを買収。中国もオーストラリアのウラン探査会社を買収。
- ・米国企業も国内での新たなウラン鉱山開発を計画中。
- ・タンザニア等、未探査地域でのウラン探査が活発に行われている。
- ・ウラン価格の上昇が始まれば益々ウラン探査活動は活発化し新たな資源が発見されると考えられる。(上昇の傾向あり)

原子力発電設備容量予測(1)

1. WNAの予測

(1)低ケース

金融危機の影響の長期化、競争力の低下、政府による支援なし、世論の反対増加、禁止政策の導入

- ・2030年までに249基が運転寿命を迎え停止
- ・2030までに54基の新規の原子力発電所が建設される
- ・2030年での原子力発電設備容量は240基、247.9GWeで2008年末の 435基、371GWeの約10分の7

(2)参照ケース

金融危機の影響は短期的、競争力の向上、気候変動対策として原子力へのシフト開始、世論の支持改善

- ・2030年までに143基が運転寿命を迎え停止
- ・2030までに288基の新規の原子力発電所が建設される
- ・2030年での原子力発電設備容量は580基、600.0GWeで2008年末の 435基、371GWeの約1.6倍で229GWeの増加(中国85.5GWe、インド27.6GWe、ロシア24.5GWe、米国21.9GWeの増加)

(3)高ケース

金融危機の影響なし、競争力の大幅改善、気候変動対策として政府の積極的な支援、世論の支持の大幅な改善

- ・2030年までに58基が運転寿命を迎え停止
- ・2030までに444基の新規の原子力発電所が建設される
- ・2030年での原子力発電設備容量は821基、818.0GWeで2008年末の 435基、371GWeの約2.2倍で447GWeの増加(中国126GWe、米国43.4GWe、インド38.1GWe、ロシア¹⁵30.5GWe、日本28.4GWe、韓国25.1GWeの増加)

原子力発電設備容量予測(2)

2. Uranium 2009での予測

各国政府からの回答に基づく(回答が得られない国についてはIAEAの予測データに基づく)

(1)低ケース

- 2030年には516.1GWeで2008年末の約1.4倍、143.8GWeの増加(中国62.6GWe、インド13.8GWe、ロシア17.7GWeの増加)
- 2035年には511.0GWe

(2)高ケース

- 2030年には714.1GWeで2008年末の約1.9倍、341.8GWeの増加(中国75.3GWe、インド42GWe、ロシア34.5GWeの増加)
- 2035年には782.0GWe

3. WNAとUranium 2009の予測の比較

- Uranium 2009の低ケースと高ケースの中間値はWNAの参照ケースの値と良く一致する。
- Uranium 2009の高ケース(2030年714.1GWe)とWNAの高ケース(2030年818GWe)の違いは主に中国の予測(Uranium 2009は83.8GWe、WNAは134.5GWe)とドイツの運転停止の扱い(Uranium 2009は停止、WNAは運転継続で20.3GWe)

原子力発電設備容量予測(3)

評価機関	評価ケース	2008年出力 (GWe)	2015年出力 (GWe)	2020年出力 (GWe)	2025年出力 (GWe)	2030年出力 (GWe)	2035年出力 (GWe)
Uranium 2009	低ケース	371	408.7	450.5	497.4	516.1	511.0
	高ケース		442.0	534.7	616.3	714.1	782.0
	低ケース		374.6	376.8	328.8	247.9	—
WNA	参照ケース		415.3	475.9	551.1	600.0	—
	高ケース		436.7	558.4	690.2	818.0	—

ウラン需要予測(1)

1. WNAの予測

原子力発電設備の負荷率、燃料の燃焼度、濃縮度を国別に炉型ごとに設定し評価している。ウラン濃縮の廃品濃度は0.25%に設定。(ロシアについては0.15%に設定)

(1)低ケース

- ・2030年の需要は41,708tUと2009年の生産量50,772tUより減少

(2)参照ケース

- ・2030年の需要は106,128tUで2008年の需要の約1.65倍で増加分は41,664tU。このうち、中国の増加分は18,949tUで45%を占める。
- ・2009年の生産量に対しては約2.1倍。

(3)高ケース

- ・2030年の需要は140,052tUで2008年の需要の2.17倍で増加分は75,588tU。このうち、中国の増加分は23,888tUで32%を占める。
- ・2009年の生産量に対しては約2.8倍。

ウラン需要予測(2)

2. Uranium 2009の予測

(1)低ケース

- 2030年の需要は87,790tUで2008年の需要の約1.5倍で増加分は37,018tU。このうち中国の増加分は10,500tUで約28%。
- 2009年の生産量に対しては約1.7倍。
- 2035年の需要は87,370tU。

(2)高ケース

- 2030年の需要は126,665tUで2008年の需要の約2.1倍で増加分は67,600tU。このうち中国の増加分は14,400tUで約21%を占める。
- 2009年の生産量に対しては約2.5倍。
- 2035年の需要は138,165tU。

ウラン需要予測(3)

評価機関	評価ケース	2008年 需要量 (tU)	2015年 需要量 (tU)	2020年 需要量 (tU)	2025年 需要量 (tU)	2030年 需要量 (tU)	2035年 需要量 (tU)
Uranium 2009	低ケース	59,065	71,965	76,920	86,325	87,790	87,370
	高ケース		79,650	91,445	107,480	126,665	138,165
	参照ケース		64,464	76,937	91,637	101,993	106,128
WNA	低ケース	64,464	64,739	64,735	54,642	41,708	—
	参照ケース		76,937	91,637	101,993	106,128	—
	高ケース		84,841	106,591	127,152	140,052	—

ウラン生産予測(1)

1. WNAの予測

(1)評価シナリオの設定

ウラン鉱山の運転及び計画状況に応じてウラン鉱山を4つに分類し、それぞれの生産能力及び生産開始予定年に安全率を見込み評価。

- 既存のウラン鉱山： 生産能力 63,111tU/y
- 開発中のウラン鉱山： 生産能力 25,634tU/y
- 計画中のウラン鉱山： 生産能力 23,023tU/y
- 開発予定のウラン鉱山： 生産能力 33,082tU/y
- 合計生産能力は144,850tU/y

ウラン生産量予測(2)

(2)ウラン生産量予測

①低ケース

既存のウラン鉱山:生産能力の90%で生産

開発中のウラン鉱山:生産能力の40%で生産

計画中及び開発予定のウラン鉱山は生産開始せず

・2015年に最大生産量59,494tUを達成した後生産量は減少し、2030年には41,871tUに減少。

②参照ケース

既存のウラン鉱山:生産能力の90%で生産

開発中のウラン鉱山:生産能力の80%で生産

計画中のウラン鉱山:生産能力の70%で生産かつ生産開始3年遅れ

開発予定のウラン鉱山:生産能力の60%で生産かつ生産開始4年遅れ

・2025年に生産量83,612tUを達成した後減少し始め2030年には73,279tUに減少

ウラン生産量予測(3)

③高ケース

既存のウラン鉱山:生産能力の90%で生産

開発中のウラン鉱山:生産能力の80%で生産

計画中のウラン鉱山:生産能力の80%で生産かつ生産開始1年遅れ

開発予定のウラン鉱山:生産能力の80%で生産かつ生産開始1年遅れ

・2020年まで生産量は増加し、93,031tUに達した後横ばいとなり、2025年頃から年々減少し始め2030年には78,745tUに減少。

ウラン生産量予測(4)

2. Uranium 2009の予測

(1)評価シナリオの設定

WNAの評価と同様に、ウラン鉱山を運転及び計画状況に応じて4つに分類し、低ケースは既存のウラン鉱山と開発中のウラン鉱山からの生産量のみとし、高ケースは4つの全ての鉱山からの生産量を考慮している。評価は生産量ではなく生産能力として記述している。これまでの実績では生産能力に対して実際の生産量は70%～80%台であるが、生産量予測において、2次供給量を考慮しない代わりに供給量を生産能力で評価することで2次供給分の補正を行っているものと考えられる。

ウラン生産量予測(5)

(2)ウラン生産能力予測

①低ケース

- ・2015年には96,145tU/yまで上昇し、その後横ばいになり2020年の98,295tU/y以降減少し始め2030年には75,430tU/y、2035年には68,420tU/yまで減少。

②高ケース

- ・2020年には140,640tU/yまで増加した後減少し始め2030年には118,500tU/y、2035年には109,520tU/yまで減少。

ウラン生産量予測(6)

評価機関	評価ケース	2009年 生産量 (tU)	2015年 生産 能力 (tU/y)	2020年 生産 能力 (tU/y)	2025年 生産 能力 (tU/y)	2030年 生産 能力 (tU/y)	2035年 生産 能力 (tU/y)
Uranium 2009	低ケース	50,772	96,145	98,295	79,730	75,430	68,420
	高ケース		121,780	140,640	129,335	118,530	109,520
	生産量 (tU)		生産量 (tU)	生産量 (tU)	生産量 (tU)	生産量 (tU)	
WNA	低ケース		59,494	56,081	49,258	49,258	41,871
	参照ケース		69,906	80,238	83,612	83,612	73,279
	高ケース	74,848	93,031	88,263	88,263	78,745	

ウラン2次供給予測(1)

1. ウラン2次供給

1990年頃まではウラン生産量がウラン需要を上回る状態が続き、1991年からはそれまでに蓄積した備蓄ウラン等によるウラン2次供給と生産ウランでウラン需要を満たしてきた。

2. 民間企業の備蓄ウラン(2008年末時点)

①電力会社

1～2年分のウランを備蓄。また、転換、濃縮、燃料加工のラインに1年分程度のウランを保有。

備蓄ウラン: 129,000tU

②その他核燃料サイクル事業者等の所有ウラン

ウラン生産会社: 10,000tU

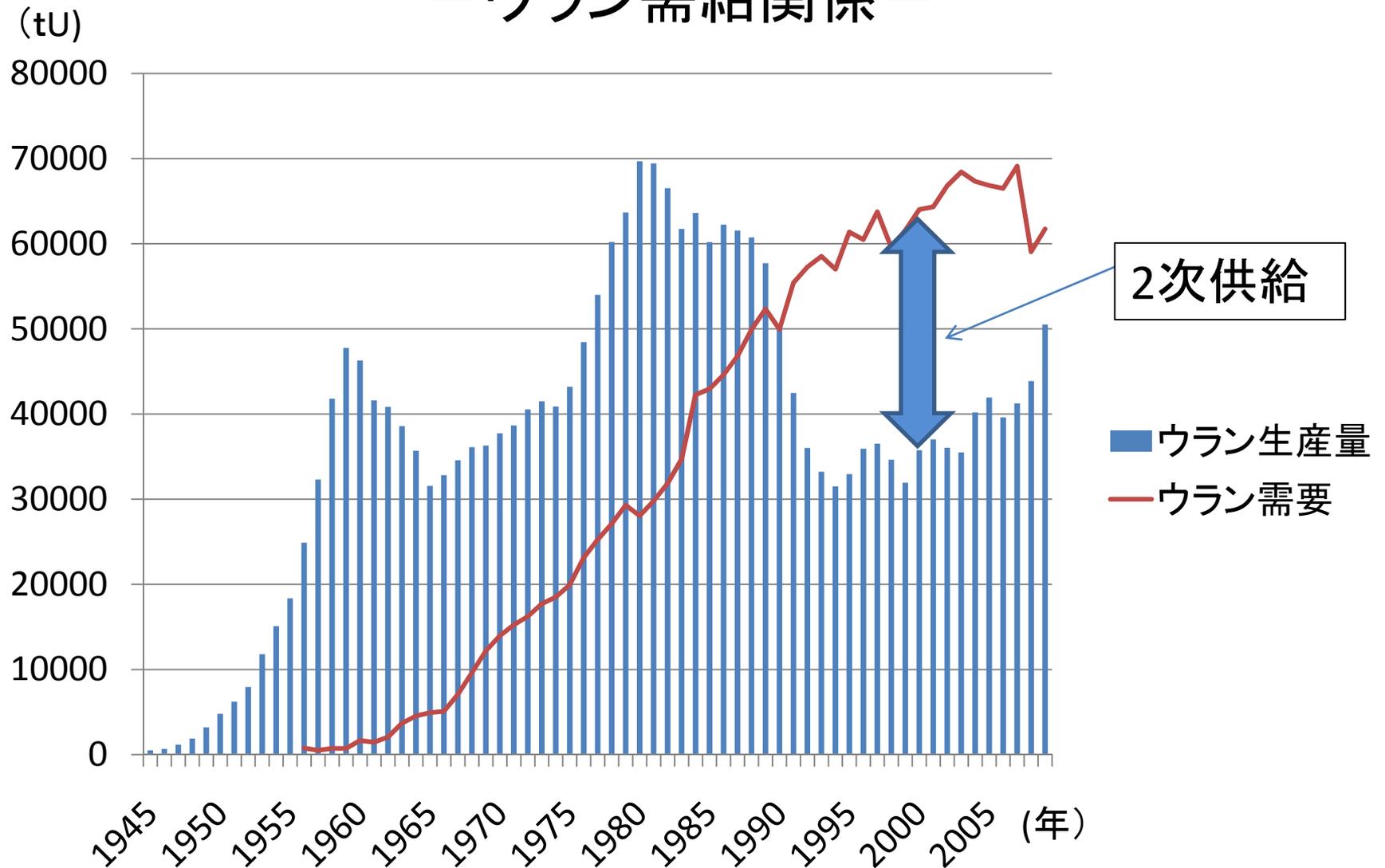
転換、濃縮、燃料加工事業者: 5,000tU

ウラン市場のブローカー等: 5,000tU

商品取引の投資家: 5,000tU

ウラン2次供給予測(2)

—ウラン需給関係—



データ出典: “Forty Years of uranium Resources, Production and Demand in perspective”,
OECD/NEA and IAEA, 2006. Uranium 2007, Uranium 2009.

ウラン2次供給(3)

3. 政府所有の備蓄ウラン

①米国

米国政府の過剰ウラン在庫は天然ウラン換算で58,931tU

- ・2008年～2017年の間に毎年年間の米国のウラン需要の10% (19,231tU/y)を超えない範囲で合計22,693tUを売却する計画

- ・別枠で新規原子力発電所の初装荷燃料分として7,700tUを売却予定

②ロシア

- ・ソ連時代に製造した高濃縮ウランは1,400tUと推定されている。また、ウラン生産量と核燃料供給量に大きな差があることからかなりの備蓄ウランを所有している可能性がある。

- ・米国と政府間協定で、1995年から2013年までに核弾頭の解体で発生した高濃縮ウラン500tUを軽水炉用燃料の低濃縮ウランに希釈して米国に輸出している。輸出量は天然ウラン換算で約9,000tU/y。協定は2013年以降継続されないことが決まっている。

- ・2014年から2020年までは年間に低濃縮ウラン500tU(天然ウラン換算約5,000tU)の輸出枠が割り当てられている。(既に昨年、米国の電力会社と供給契約が結ばれている。)

ウラン2次供給(4)

4. 回収ウランの利用

- ・2008年末の回収ウランの在庫は約70,000tU。
- ・これまで、ベルギー、フランス、ドイツ、スイスにおいて8,000tU以上がリサイクルされている。日本では335tUが試験利用された。
- ・電力会社で、今後長期的な利用を考えているのはフランスと日本のみ。
- ・回収ウランの利用による天然ウランの節約量は2009年で1,740tUと推定。

5. プルトニウムのリサイクル

EUでは1996年から2009年までで、131.1tのプルトニウムが軽水炉にリサイクルされ天然ウラン換算で15,756tUが節約された。今後も、米国とロシアの核弾頭解体プルトニウムの利用を含め利用が継続されると予測。

- ・EUにおける2009年のプルトニウムのリサイクルによる天然ウランの節約量は1,234tU。

ウラン2次供給(5)

6. 劣化ウランの再濃縮

URENCO及びAREVAが所有する劣化ウランの再濃縮を1997年からロシアに委託し1999年～2004年では年間1,000tU前後が天然ウランの濃度まで再濃縮され供給された。しかし最近では再濃縮量は減少していて、2008年は688tU、2009年は194tUである。ロシアとの契約は2010年で期限を迎え、契約は継続しないことが確実視されている。2010年以降は2次供給として期待できない。

7. WNAの2次供給予測

- 低ケースと参照ケースではロシアの核弾頭解体による高濃縮ウランの供給が2013年に停止した後、代替えの供給が不足し減少を始め低ケースでは、2009年の供給量17,620tUから2030年には7,600tUまで減少、参照ケースについては10,500tUまで減少。
- 高ケースについては、2013年以降もロシアからの直接輸出やMOX燃料の利用により15,000tU/y以上の供給量を維持し、2030年における供給量は16,208tUと評価。

ウラン需給予測(1)

1. WNAの予測

- ・ウラン供給の参照ケースに対しては、ウラン需要高ケースの場合、2015年頃から供給不足となる。ウラン需要参照ケースに対しては2024年頃から供給不足に陥る。
- ・ウラン供給の高ケースに対しては、ウラン需要高ケースの場合、2020年頃から供給不足になる。ウラン需要参照ケースに対しては2026年頃から供給不足に陥る。

2. Uranium 2009の予測

- ・ウラン供給の低ケースに対しては、ウラン需要高ケースの場合は2020年以降供給不足となる。ウラン需要低ケースに対しては2025年から供給不足に陥る。
- ・ウラン供給の高ケースに対しては、ウラン需要高ケースの場合、2030年から供給不足になる。ウラン需要低ケースの場合は、2035年まで十分に供給可能。

3. 供給不足に備えた対策

- ・開発が予定されているウラン鉱山は1980年前後のウラン探査の第1サイクルで発見されたものであり、現在行われているウラン探査の第2サイクルを継続し、新たに発見されるウラン鉱山への開発投資を行う必要がある。

ウラン需給予測(2)

— Uranium 2009の長期ウラン需給予測 —

1. Uranium 2009の考察

- 2008年のウラン消費率(59,065tU/y)であれば、発見資源量だけで115年間供給可能
- 未発見資源を含めれば300年を越えて供給可能
- 莫大な非在来型資源も含めれば現在の軽水炉技術でもさらに長期間供給可能
- ただし十分なウラン鉱山開発投資が必要
- 地表においてウラン(クラーク数0.0004%)より多く存在するトリウム(クラーク数0.0012%)の利用を含めればさらに長期間供給可能
- 先進的な核燃料サイクル技術を導入すれば数千年まで供給可能

ウラン資源に関するリスク(1)

1. 資源ナショナリズムや政変による供給不足

対策：供給先の多様化、輸出国との友好関係の確立、
ウラン備蓄

2. 自然災害やウラン鉱山の事故によるウラン生産の一時的な停止等によるウラン価格の高騰

対策：ウラン購入長期契約、ウラン備蓄

3. ウラン資源の枯渇

対策：代替え燃料技術開発(Th)、核燃料サイクル技術開発、代替えエネルギー技術開発(再生可能エネルギー、水素エネルギー、CCS技術、核融合エネルギー等)

ウラン資源に関するリスク(2)

ーウラン資源枯渇リスクへの許容度(1)ー

◇ウラン資源枯渇リスクに対する許容度は各国の状況に応じて異なる

1. 米国

- ・保有ウラン資源量は十分

未発見資源量も含めて2,820,000tUで、200GWe(現在約100GWe)で108年分供給可能。非在来型の資源も含めれば200年以上可能

- ・天然ガス、石油、石炭などの資源量も豊富

炭酸ガスの排出を低減できるCCS技術が確立されれば数百年は米国のエネルギーを賄える。当面は安価なシェールガスを利用する天然ガス火力で対応可能。

- ・再生可能エネルギーの潜在能力は莫大

風力エネルギーで300GWe

- ・当面ウラン資源の枯渇リスクは許容できる

2. EU

- ・ウラン資源保有量は少ないが、AREVA,Rio Tinto、BHPと世界のウラン生産の39%を生産する企業が本拠地を置く。

- ・再生可能エネルギーの利用拡大を推し進めている(ドイツは2050年に電力の80%を再生可能エネルギーで賄う計画)。

- ・当面はウラン資源枯渇リスクは許容できるが、高速炉開発の計画も進めている。

ウラン資源に関するリスク(3)

ー主要国のウラン資源量と生産量ー

国名	発見資源量(1000tU) (<130ドル/kgU)	2009年生産量(tU)	未発見資源量(1000tU)	
			予測資源	期待資源
オーストラリア	1673	7,982	NA	NA
カザフスタン	651.8	14,020	498.5	300
カナダ	485.3	10,173	150	700
ロシア	480	3,564	182	633
南アフリカ	295.6	563	110.3	1112.9
ナミビア	284.2	4,626	NA	NA
ブラジル	278.7	345	300	500
ニジェール	272.9	3,243	24.6	NA
米国	207.4	1,453	1273	1340
ウクライナ	105	840	15.3	255
ウズベキスタン	114.6	2,429	85	134.7
モンゴル	49.3	0	0	1390
ベトナム	0	0	7.9	230 ³⁶

ウラン資源に関するリスク(4)

ーウラン資源枯渇リスクへの許容度(2)ー

3. 日本、中国、韓国、インド

- ・ウラン資源保有量は少ない(中国、韓国については今後資源国になる可能性あり)
- ・海外での自己生産輸入量は不十分
- ・米国やEUに比べてウラン資源枯渇リスクは大きい
- ・核燃料サイクル技術開発等によるリスク分散が必要
- ・ただしいつ本格導入するかは政策判断と、経済性に大きく依存する。
- ・経済性がなくても、政策判断で補助金等により商業化は可能。ただし、代替え技術に対する優位性と、将来性が必要。
- ・再生可能エネルギーは現状では他のエネルギーに比べて競争力はないが、温暖化ガスを排出しないこと、安全性が高いこと、将来のコスト削減が見込めることから政策判断で導入し、補助金によって高価格の電力コストを補填している。

まとめ

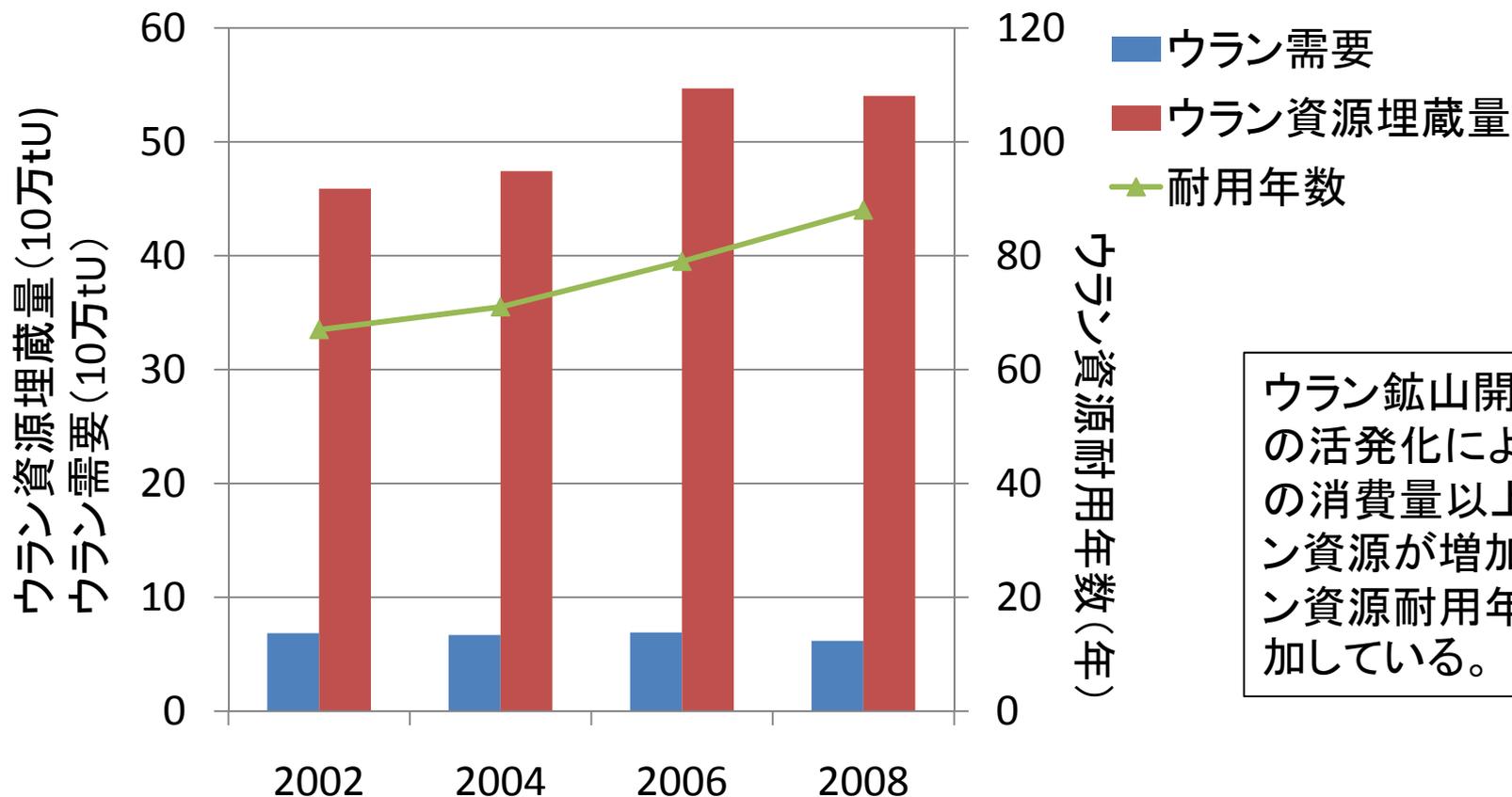
- ・材料費等の高騰による生産コストの上昇により、 <40 ドル/kgU (15 ドル/lbU₃O₈)の低コスト発見資源は73%の大幅減少。
- ・発見資源量全体では <260 ドル/kgUのコスト区分を設けたことで16%の増加。(約630万tU)
- ・2009年の国別ウラン生産量は、これまで世界第1位であったカナダをカザフスタンが追い抜き始めて世界第1位となった。カザフスタンの生産量は14,020tUで増加量は5,499tU。
- ・2008年のウラン鉱山開発費は16.41億ドルでウランスポット価格の暴落にも係わらず23.5%の増加。
- ・ウラン鉱山開発は1980年前後の第1サイクルに次いで第2サイクルに入り、20年後のウラン生産を支える可能性がある。
- ・ウラン価格は、カザフスタンの増産により価格が抑えられているが、今後中国、インド等のウラン需要の増加に伴い上昇すると予想されている。(2014年頃までに70ドル/lbU₃O₈(約182ドル/kgU))
- ・2030年頃までのウラン需給予測は、今後ウラン鉱山開発への投資が継続されなければ供給不足に陥る可能性がある。
- ・長期的なウラン資源の見通しは、未探査の国、地域が多く、開発投資を行えば資源発見の可能性は高い。しかし、ウラン資源の少ない国にとって、ウラン資源枯渇リスクへの備えを行うことは必要。

参考資料

ウラン資源の可採資源量は？

ウラン資源耐用年数の推移

- ・2008年までの累積生産量は241.5万トン
- ・ウランのクラーク数は0.0004%



ウラン鉱山開発活動の活発化によりウランの消費量以上にウラン資源が増加し、ウラン資源耐用年数は増加している。

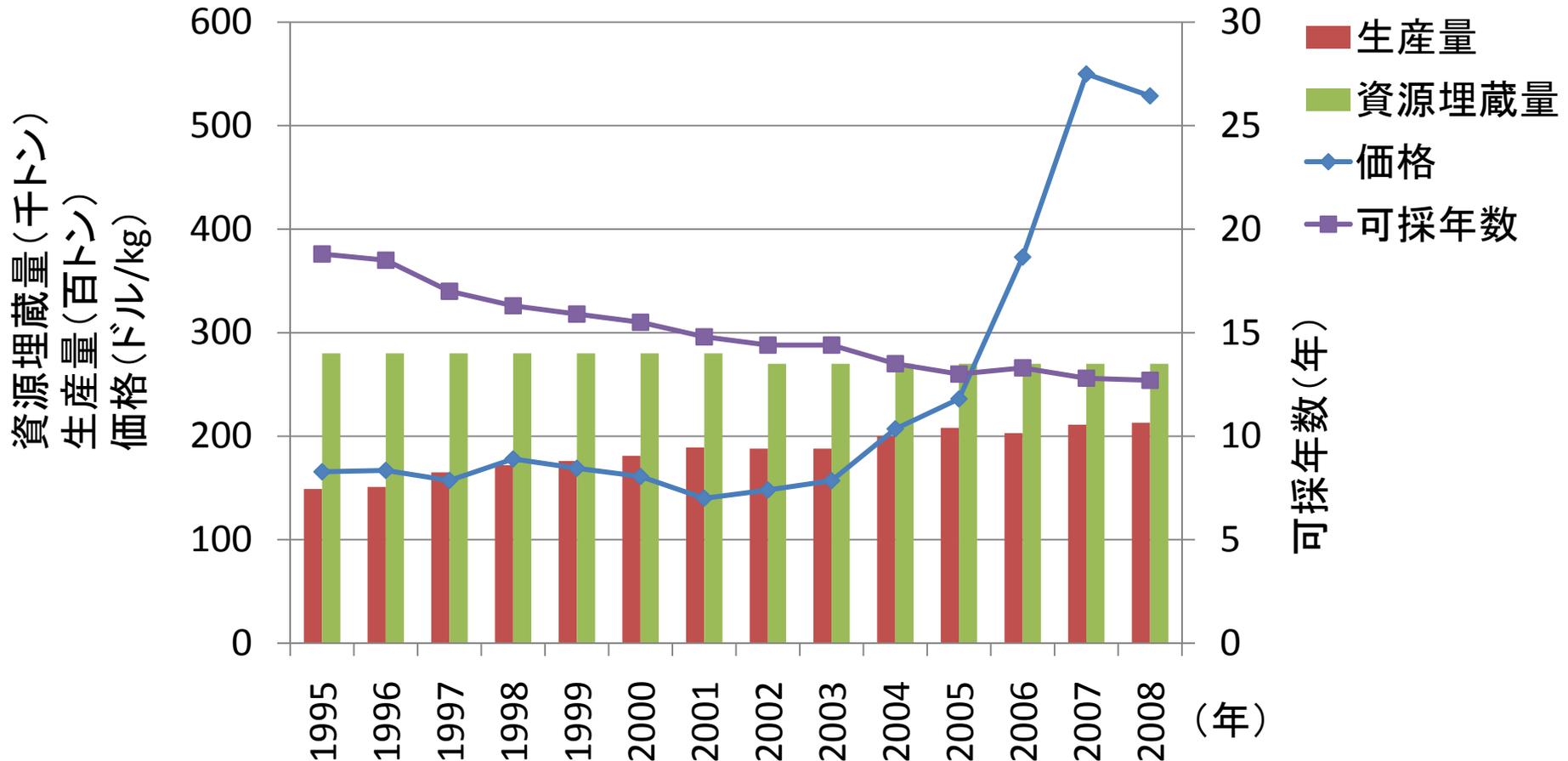
耐用年数 = ウラン需要 / ウラン資源埋蔵量

ウラン資源埋蔵量は < 130ドル/kgU (50ドル/lbU₃O₈) の発見資源量

データ出典: Uranium 2005, Uranium2009

銀資源可採年数推移

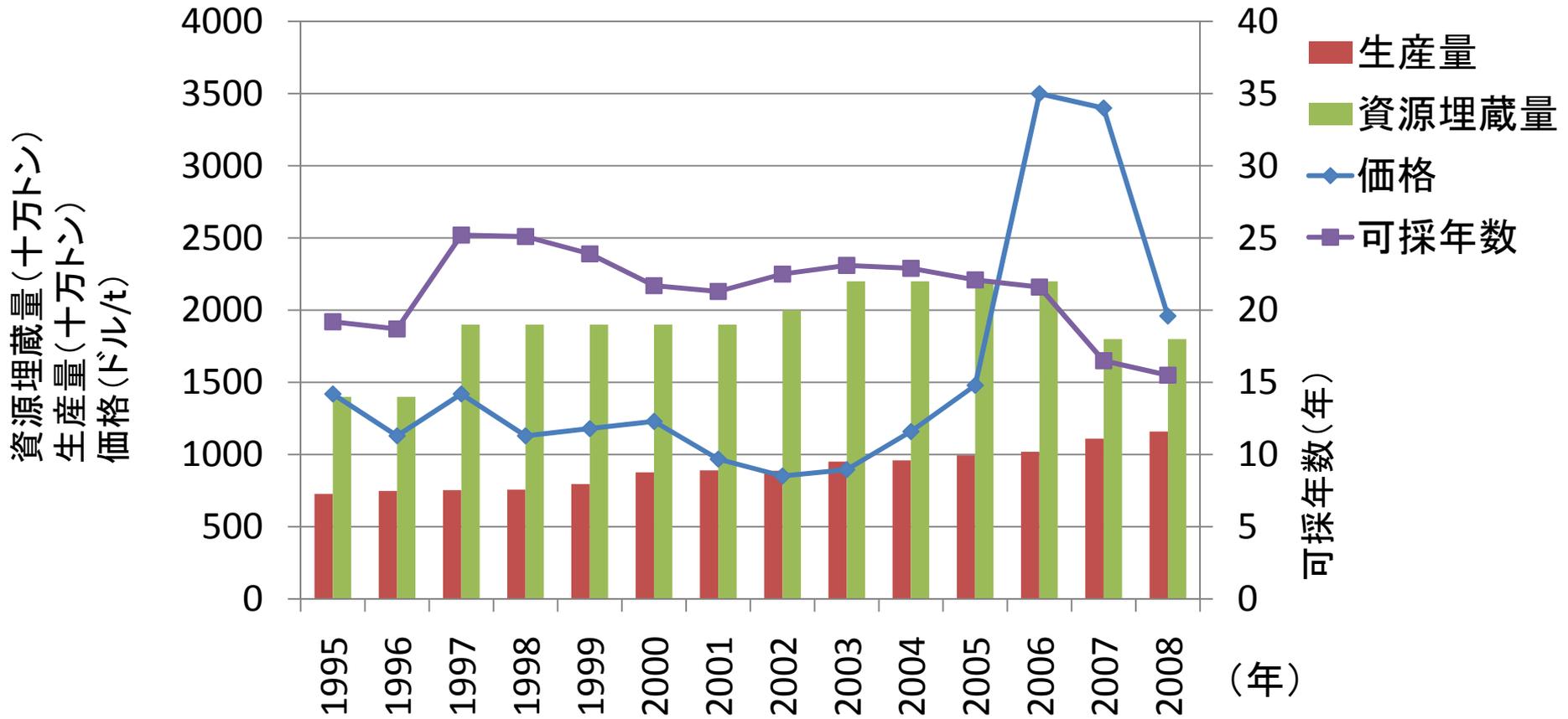
- ・1900年から2008年までの累積生産量は103.2万トン
- ・銀のクラーク数は0.00001%でウランの40分の1



データ出典: USGS Commodity Statistics and Information
(<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>)

亜鉛資源可採年数推移

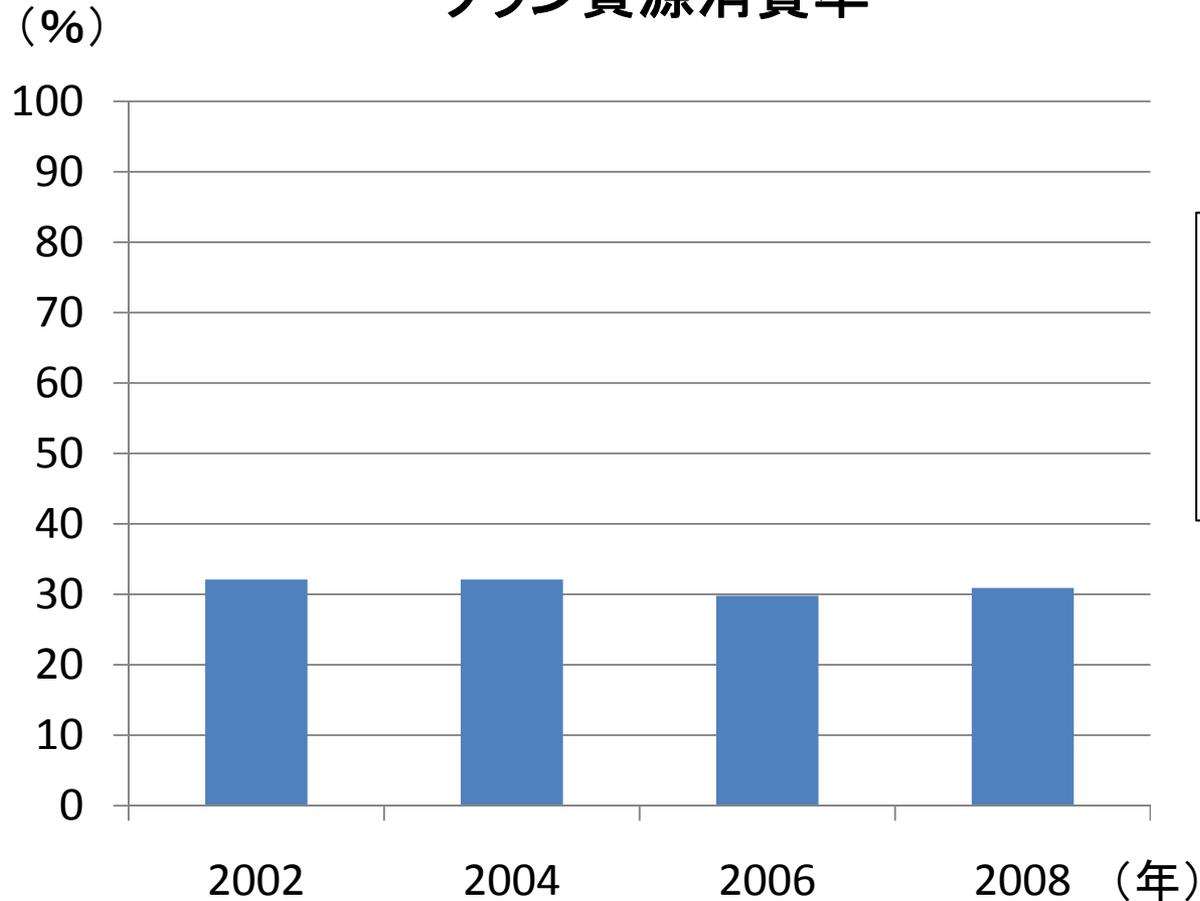
- ・1900年から2008年までの累積生産量は40715.6万トン
- ・亜鉛のクラーク数は0.004%でウランの10倍



データ出典: USGS Commodity Statistics and Information
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>

ウラン資源消費率

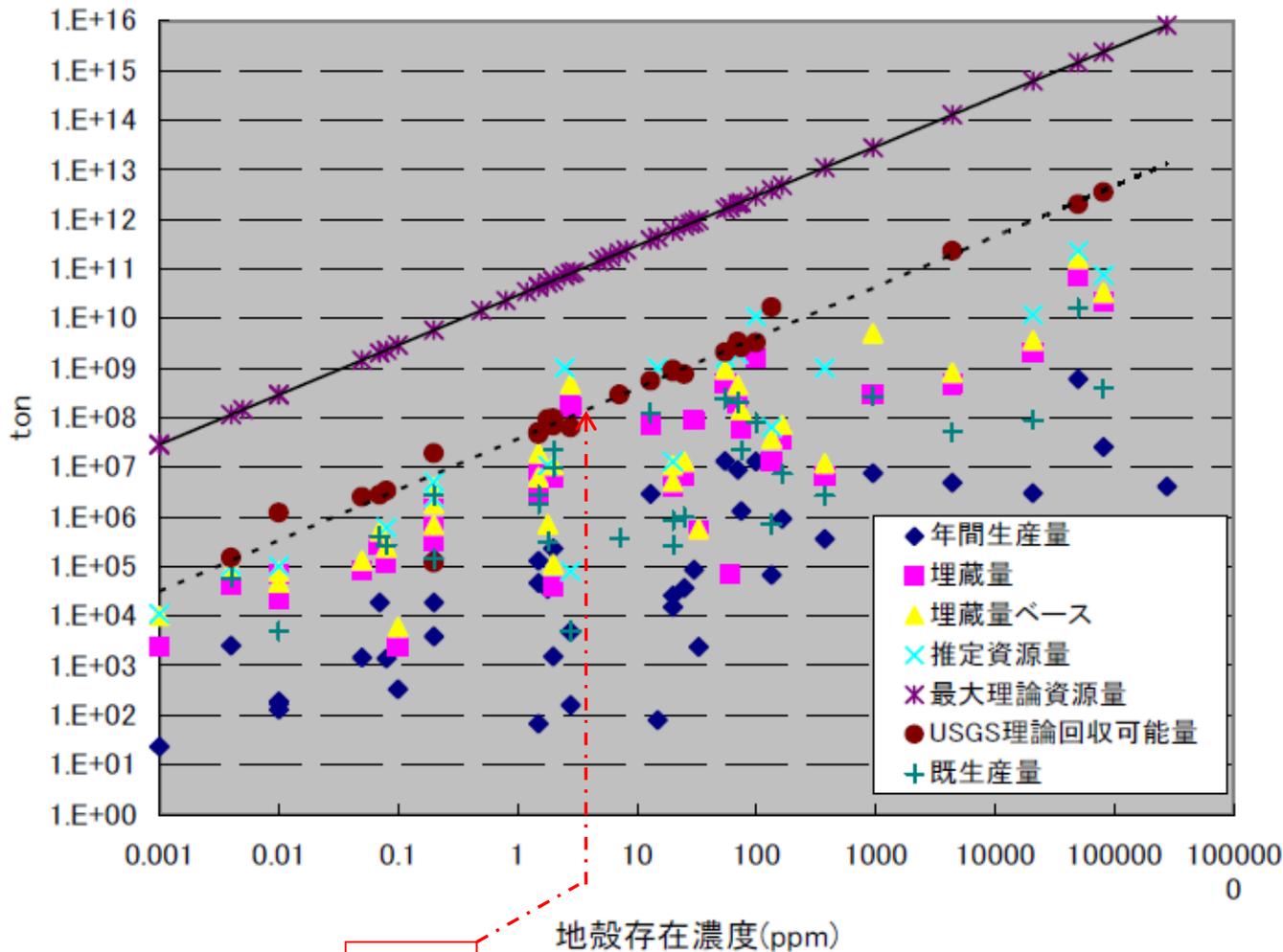
ウラン資源消費率



ウラン鉱山開発活動の活発化によりウラン資源埋蔵量が増加し、資源消費率は殆ど変化していない。

$$\text{資源消費率} = (\text{既生産量} / (\text{既生産量} + \text{資源埋蔵量})) \times 100$$

米国地質調査所の回収資源量評価



ウランのクラーク数は0.0004% (4ppm)。米国地質調査所が算定した理論回収可能量を適用するとウランの回収可能量は約1億トン。