

ヤシ殻系球状活性炭「エバダイヤLG-40」シリーズの 高度浄水処理への適用性について

佐藤 克昭* 高橋 広治* 大川 高寛*

Applicability to advanced water purification of the coconut shell spherical activated carbon “Ebadia LG-40” series

by Katsuaki SATO, Kohji TAKAHASHI, & Takahiro OHKAWA

We have developed the “Ebadia LG-40” series, a high-performance and high-hardness spherical activated carbon derived from coconut shell, which has an enhanced proportion of mesopores and macropores (2 nm or more in size), by adding a special binder to pulverized coconut shell and carbonizing/activating the material after kneading/mixing, compression, and spheroidizing.

Through comparison tests, the “Ebadia LG-40” series has been demonstrated to be superior to typical crushed coal-based activated carbon or crushed coconut shell activated carbon in terms of organic matter treatment performance and activated carbon characteristics. This paper presents our findings regarding the applicability of the “Ebadia LG-40” series to advanced water purification, including reactivation and carbon dioxide emissions.

Keywords: Coconut shell spherical activated carbon, “Ebadia LG-40” series, Advanced water purification, Spheroidizing, Mesopore, Macropore, High hardness, Biological activated carbon, Reactivation, Carbon dioxide emissions

1. はじめに

近時の原子力発電所の事故に起因した放射性ヨウ素や、利根川水系へのヘキサメチレンテトラミン流出に起因したホルムアルデヒドによる水質事故の事例を挙げるまでもなく、水道水に対する安全性への希求が高まる中、いわゆる高度浄水処理の重要性がこれまでも増してクローズアップされている。

その一方で地球温暖化の進行や原子力発電所の稼働停止に伴う電力供給不足が懸念される中、水道事業においても環境負荷低減や省エネルギーへの努力が求められている。

2. 水道用粒状活性炭の現状

高度浄水処理に適用される水道用粒状活性炭の製造方法は、衛生性の観点から水蒸気賦活法に限定¹⁾されているため、活性炭の細孔分布は原料に大きく依存する。一般にヤシ殻原料の活性炭は石炭原料のそれと比較して、2 nm以下のマイクロポア領域が大きく発達する一方、

2 nm以上のメソポアからマクロポア領域の発達が乏しい²⁾。このためヤシ殻原料の活性炭は低分子のカビ臭やトリハロメタン処理には好適である一方、分子量の大きな有機物群の色度やトリハロメタン前駆物質等の処理には不適とされる。

このような細孔構造や処理効果の差異に起因して、現状水道施設での導入実績は大都市圏の施設を中心に、石炭原料の活性炭が最も多い³⁾。

3. 「エバダイヤLG-40」シリーズの概要

こうした状況の中、水ing(株)は新たな水道用粒状活性炭としてヤシ殻原料の球状活性炭である「エバダイヤLG-40」シリーズを開発した。

「エバダイヤLG-40」シリーズは、特に従来の石炭原料の活性炭と比較して、高機能・高硬度、かつ環境配慮型の特殊活性炭として位置付けられると考えている。

3-1 製造方法

代表的な活性炭の製造工程を図1に示すが、一般的なヤシ殻活性炭(破碎炭)は原料ヤシ殻を破碎するだけで、直接炭化賦活処理して製造される。

一方「エバダイヤLG-40」シリーズは、原料ヤシ殻を一旦粉碎し、特殊バインダーを加え混練圧縮及び造球後、

* 水ing(株)

環境浄化技術2012年11月・12月号に掲載された内容を一部加筆修正の上転載

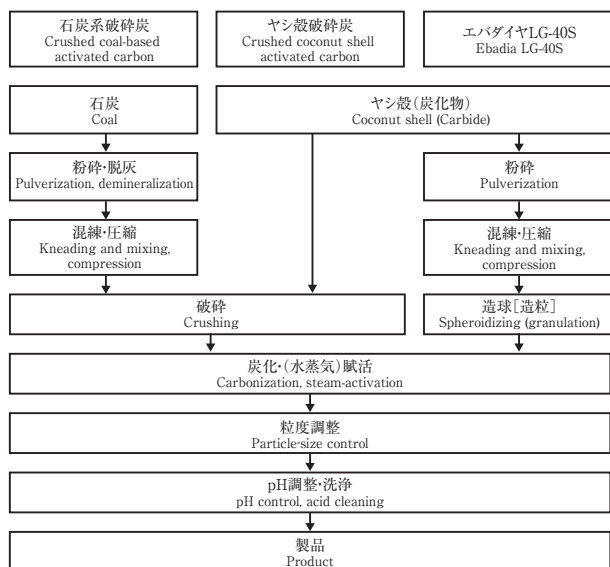
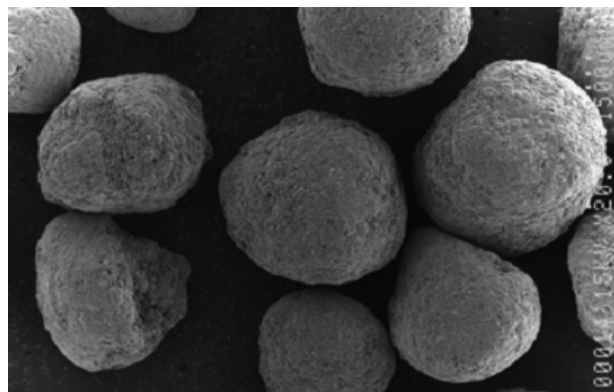


図1 代表的な活性炭の製造工程

Fig. 1 Manufacturing process of typical activated carbon

炭化賦活処理する。これらの工程導入により「エバダイヤLG-40」シリーズは、ヤシ殻を原料としながらメソポアからマクロポア領域が発達した高機能・高硬度な活性炭となっている。

pH調整品である「エバダイヤLG-40S」の電子顕微鏡写真を写真1に示す。なお以下に示すデータ等は全てpH調整品である「エバダイヤLG-40S」に関するものである。



13-05 01/238

写真1 「エバダイヤLG-40S」
Photo 1 “Ebadia LG-40S”

3-2 活性炭性状

「エバダイヤLG-40S」の性状と規格値、並びに一般的なヤシ殻活性炭(破碎炭)と石炭系活性炭(破碎炭)の性状とJWWA A 114「水道用粒状活性炭」¹⁾における品質を表1に示す。

吸着能力の代表的指標であるヨウ素吸着性能やメチレンブルー脱色力について、「エバダイヤLG-40S」はJWWA A 114で規定の品質を大きく上回り、特に後者は石炭系破碎炭やヤシ殻破碎炭と比較して有意に高い。またヨウ素吸着性能と相関性のある比表面積やマイクロポア細孔容積についても、「エバダイヤLG-40S」は最も高い。加えて不純物量の指標である強熱残分は石炭系破碎炭と比

表1 活性炭性状

Table 1 Properties of activated carbon

性状項目 Properties	活性炭 Activated carbon		エバダイヤLG-40S Ebadia LG-40S	エバダイヤLG-40S の規格値 Specifications of Ebadia LG-40S	ヤシ殻破碎炭 Crushed coconut shell activated carbon	石炭系破碎炭 Crushed coal- based activated carbon	JWWA A 114 ¹⁾ で 規定の品質 JWWA A 114 requirements
ヨウ素吸着性能 Iodine adsorption performance	mg/g	1260	> 1100	1220	1030	> 900	
メチレンブルー脱色力 Methylene blue adsorption performance	mL/g	250	> 200	200	190	> 150	
充てん密度 Bulk density	g/mL	0.421	0.4 ~ 0.5	0.495	0.482	> 0.4	
強熱残分 Ash	%	2.3	< 5	0.9	8.8	< 10	
硬さ Hardness	%	98	> 95	98	95	> 90	
BET比表面積 BET (specific) surface area	m ² /g	1330	> 1100	1250	1080	-	
マイクロポア細孔容積 Micropore volume	mL/g	0.58	-	0.55	0.48	-	
メソポア細孔容積 Mesopore volume	mL/g	0.20	-	0.06	0.28	-	
マクロポア細孔容積 Macropore volume	mL/g	0.43	-	0.15	0.41	-	

較して有意に低く、摩耗強度の指標である硬さも最も高い。

一方のメソポア並びにマクロポア細孔容積は、ヤシ殻破碎炭と比較して倍以上であり、後者については石炭系破碎炭と同等となっている。水銀圧入法による細孔分布を図2に示すが、マクロポア領域において石炭系破碎炭は1 μm付近にピークを有するのに対し、「エバダイヤLG-40S」は0.5 μm付近と4 μm付近に大きなピークを有している。

3-3 各種処理性

3-3-1 吸着等温線

①消毒副生成物の代表的物質であるクロロホルム、②臭気(カビ臭)物質の代表的物質である2-メチルイソボルネオール(2-MIB)、③天然由来の色度成分を想定した試薬フミン(和光純薬工業(株)製試薬フミン酸、全有機炭素TOCとして評価)について、吸着等温線を図3～5にそれぞれ示す。

低分子のクロロホルム(分子量:119.4)や2-MIB(分子量:168)については比表面積やマイクロポア細孔容積の大きな「エバダイヤLG-40S」とヤシ殻破碎炭が、幅

広い分子量分布をもつ有機物群からなる試薬フミンについてはメソポア並びにマクロポア細孔容積の大きな「エバダイヤLG-40S」と石炭系破碎炭に優位性が認められた。

以上の結果から「エバダイヤLG-40S」は固有の細孔特性を有し、ヤシ殻原料及び石炭原料からなる破碎炭の双方の特長を併せもつことが示唆される。

3-3-2 カラム通水試験(動的試験)

1) 水道施設オゾン処理水中の有機物群

実施設での有機物等の処理性を評価するため、水道施設のオゾン処理水(紫外線吸光度E260:0.016～0.034 cm⁻¹, 総トリハロメタン生成能THMFP:0.009～0.023 mg/L)を用いた通水試験を実施した。活性炭による①THMFP除去率と通水倍数(総通水量を活性炭量で除した値)、②E260除去率と通水倍数の関係を図6、7に示す。

例えば通水倍率約35000倍におけるTHMFP除去率は、「エバダイヤLG-40S」が33%、ヤシ殻破碎炭が18%、石炭系破碎炭が30%であり、「エバダイヤLG-40S」のTHMFP除去性能が石炭系破碎炭と同等かつヤシ殻破碎炭に対して優位性があることを確認した。E260除去率に

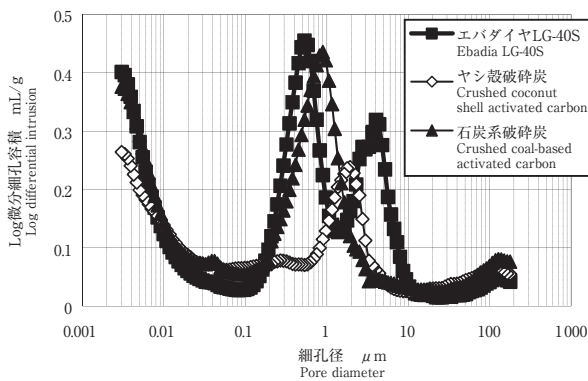


図2 細孔分布(水銀圧入法)
Fig. 2 Pore distribution (mercury press-in method)

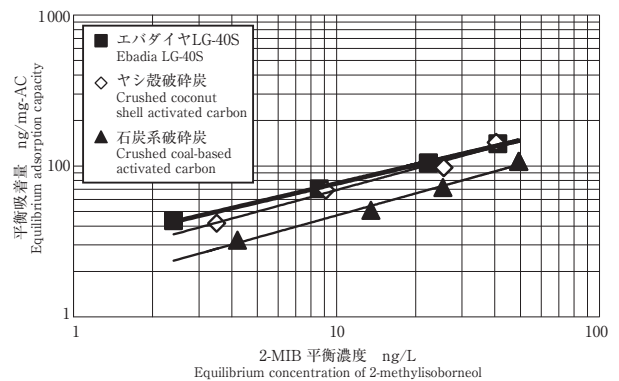


図4 2-MIB吸着等温線
Fig. 4 Adsorption isotherms of 2-methylisoborneol

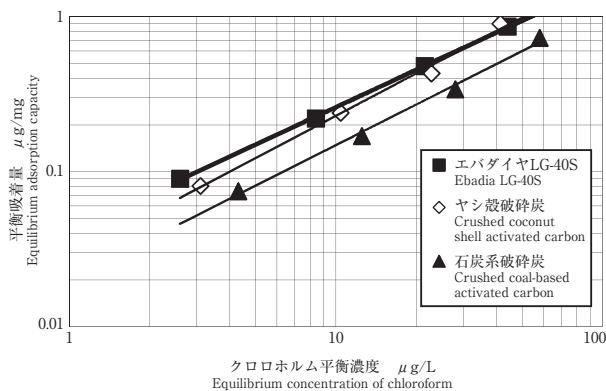


図3 クロロホルム吸着等温線
Fig. 3 Adsorption isotherms of chloroform

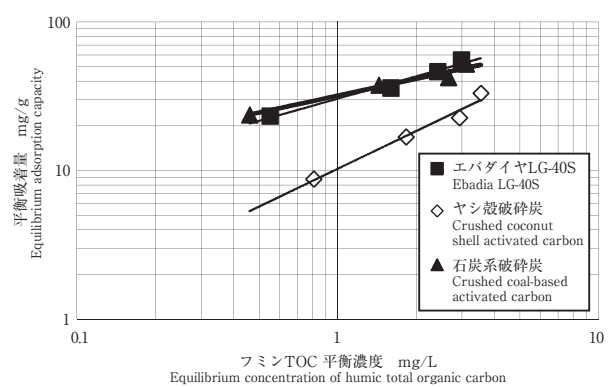


図5 フミン吸着等温線
Fig. 5 Adsorption isotherms of humic substance

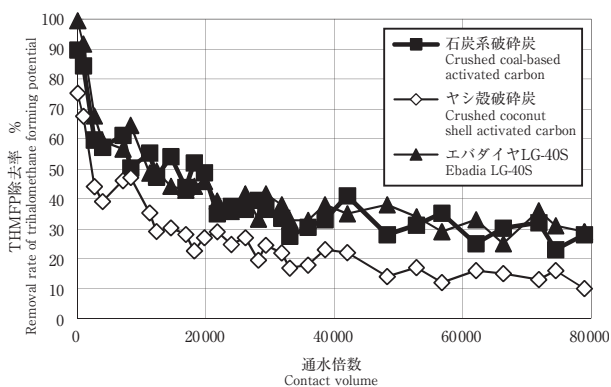


図6 THMFP除去率と通水倍数

Fig. 6 Relation between removal rate of THMFP and contact volume

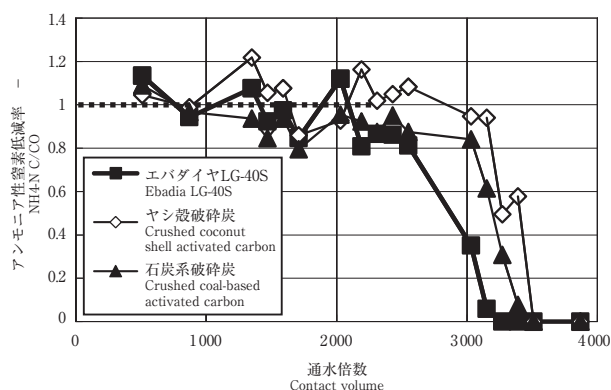


図8 アンモニア性窒素低減率と通水倍数

Fig. 8 Relation between decreasing rate of NH4-N and contact volume

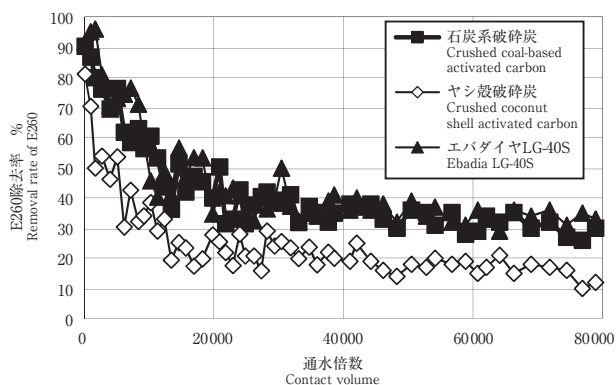


図7 E260除去率と通水倍数

Fig. 7 Relation between removal rate of E260 and contact volume

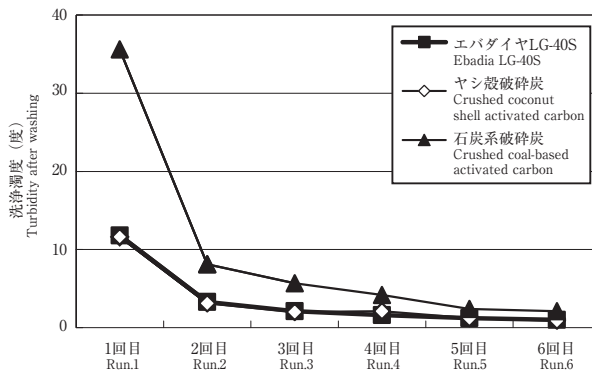


図9 洗淨濁度試験結果

Fig. 9 Test results for turbidity after washing

についてもほぼ同様の結果が得られており、メソポア並びにマクロポア領域が発達した「エバダイヤLG-40S」と石炭系破碎炭の特徴が反映されたものと推測される。

2) 模擬試験水中のアンモニア性窒素

生物活性炭としての特性を評価するため、アンモニア性窒素約1 mg/Lの模擬試験水を用いた通水試験を実施した。アンモニア性窒素の活性炭流入水に対する活性炭処理水の濃度比(低減率)と通水倍数の関係を図8に示す。

「エバダイヤLG-40S」は硝化反応の立ち上がりが最も早く通水倍数2500倍前後から硝化反応が発現し、同3200倍前後で活性炭処理水のアンモニア性窒素が認められなくなった。「エバダイヤLG-40S」は、前述のとおり0.5 μm並びに4 μm付近に大きなピークをもつなどマクロポア領域が発達していることに加え、破碎炭と比較して粒間に適度な空隙が確保されることが、生物膜の付着と成長に好影響を与えているものと推測される。

3-4 洗淨濁度

JWWA A 103「水道用濾材」を基に実施した洗淨試験結果を図9に示す。

「エバダイヤLG-40S」はヤシ殻破碎炭と並び、石炭系破碎炭と比較して1回目の濁度が1/3程度となるなど、特に活性炭充填後の初期洗淨における濁度低減が見込まれる。また定常の逆洗工程においても微粉発生量の低減が図れるため、運転・維持管理性の改善、洗淨水量や使用電力削減に寄与できると考えられる。

3-5 活性炭再生

水道用粒状活性炭は、使用後に製造時同様の水蒸気賦活法により性能回復させることが可能であり、再生炭(使用済炭の有効利用)を採用している水道事業者も数多い³⁾。

前記水道施設のオゾン処理水を用いたカラム通水試験に供した使用済炭に対し、外熱式ロータリーキルン再生試験装置による再生試験を実施した。再生試験結果等を

表2 活性炭再生試験結果
Table 2 Test results of reactivation

活性炭 Activated carbon		石炭系破砕炭 Crushed coal-based activated carbon			エバダイヤLG-40S Ebadia LG-40S		
		新炭 Unused activated carbon	使用済炭 Used activated carbon	再生炭 Regenerated activated carbon	新炭 Unused activated carbon	使用済炭 Used activated carbon	再生炭 Regenerated activated carbon
性状項目 Properties							
ヨウ素吸着性能 Iodine adsorption performance	mg/g	1030	470	810	1260	650	1080
メチレンブルー脱色力 Methylene blue adsorption performance	mL/g	190	110	150	250	160	220
充てん密度 Bulk density	g/mL	0.482	0.541	0.471	0.421	0.479	0.425
硬さ Hardness	%	95	93	91	98	97	96
再生収率 Yield rate (of reactivation)	%	-	-	88	-	-	93

表3 製造時の二酸化炭素排出量算定結果
Table 3 Calculation of carbon dioxide emissions during manufacturing

項目 Items	二酸化炭素排出量 t-CO ₂ /t-AC Carbon dioxide (CO ₂) emissions		
	石炭系破砕炭 Crushed coal-based activated carbon	ヤシ殻破砕炭 Crushed coconut shell activated carbon	エバダイヤLG-40S Ebadia LG-40S
燃料（軽油） Fuel (gas oil) consumption	10.16	3.11	3.19
電力 Electricity consumption	2.78	0.82	1.74
水道 Water consumption	0.02	0.01	0.01
燃焼カーボン Combustible carbon	12.93	0.00	1.90
合計 Total	25.89	3.94	6.84

表2に示す。

「エバダイヤLG-40S」は、石炭系破砕炭と比較して、吸着能力の回復が良好、再生ダメージ（硬度低下）が少ない、収率（歩留り）が高いなどの結果が得られており、より再生利用に適した粒状活性炭であると考えられる。

4. 製造時等の二酸化炭素排出量

植物系原料であるヤシ殻はいわゆるカーボン・ニュートラルとして、ヤシ殻由来の燃焼カーボンの二酸化炭素排出量をゼロとみなすことができる。各活性炭について製造時の二酸化炭素排出量の算定結果⁴⁾を表3に示す。

「エバダイヤLG-40S」はヤシ殻破砕炭と比較して、造粒等に係る電力量の増加やバインダー由来の燃焼カーボンにより約3 t-CO₂/t-ACの増加するものの、化石燃料が原

料である石炭系破砕炭と比較すれば二酸化炭素排出量はそれらの1/4程度で、20 t-CO₂/t-AC弱の削減が見込まれる。

加えて再生利用により更なる削減が可能となる。例えば処理水量100万 m³/d（粒状活性炭使用量：8000 m³ - SV = 5 h⁻¹）の水道施設において活性炭全量を1回更新すると、石炭系破砕炭を全量新炭交換した場合と比較して、「エバダイヤLG-40S」の再生利用により約83000 t（石炭系活性炭新炭の1/8程度。参考データとして二酸化炭素排出量比較を図10に示す）の二酸化炭素排出量を削減できると試算される。

5. 導入実績

「エバダイヤLG-40」シリーズの導入実績としては、長崎県時津町水道局子々川浄水場（活性炭吸着池を写真2

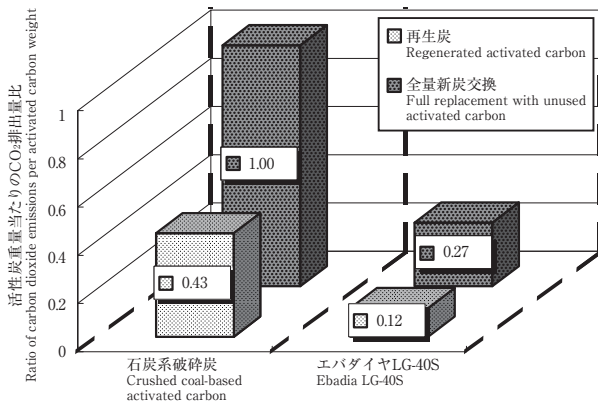


図10 二酸化炭素排出量比較
Fig. 10 Comparison of carbon dioxide emissions between crushed coal-based activated carbon and Ebadia LG-40S



13-05 02/238

写真2 子々川浄水場活性炭吸着池
Photo 2 Granular activated carbon (GAC) adsorption filter in the Shishigawa water purification plant

に示す)での本採用を含め、幾つかの水道施設で試験的な採用が進んでいる。

6. おわりに

以上「エバダイヤLG-40」シリーズの高度浄水処理への適用性について概説した。その特長を整理すると次のとおりである。

- (1) 有機物等に対する高い処理能力
- (2) 優れた生物担体 (速やかな生物活性炭化)
- (3) 高硬度
- (4) 低環境負荷 (二酸化炭素排出量低減)

安全でおいしい水道水の安定的供給に対し、「エバダイヤLG-40」シリーズが、今後有用な選択肢の一つとなることを期待して止まない。

参考文献

- 1) (社)日本水道協会：JWWA A 114 水道用粒状活性炭 (2006).
- 2) (財)水道技術センター：浄水技術ガイドライン2010 (2010).
- 3) (財)水道技術研究センター：厚生労働省委託費による水道事業における高度浄水処理の導入実態及び導入検討等に関する技術資料.
- 4) 環境省令「特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令」(平成18年3月).