都市型工場におけるエネルギー転換について

新王子製紙(株)神崎工場 大 泉 幸 春

Fuel Conversion at a Mill Adjacent to Urban Centers

Yukiharu Oizumi

Kanzaki Mill, New Oji Paper Co., Ltd.

Kanzaki Mill, New Oji Paper Co., Ltd. is located in Amagasaki city which is in the south east of Hyogo prefecture. Amagasaki is adjacent to Osaka city bordered by the Kanzaki river, and is also surrounded by Mt. Ikoma to the east and Mt. Rokko on the north. This town still has a traditional good atmosphere brought up by warm heart and cooperative residents.

Here, in Amagasaki, as same as in other industrial areas in Japan, we have been forced to face some changes of environment such as construction of high storied apartments and a more severe control of pollution by local authorities as the result of environmental pollution suits.

Under these situations, we must positively make efforts to solve the problems in order to meet more severe environmental standards on air and water pollution, legislated by Amagasaki city and Hyogo prefecture.

Then we commenced studying it, focusing on choice of energy, which would result in a progress of rationalization of production and would meet our future conception of the mill adjacent to urban centers.

We have come to the conclusion that No. 4 boiler should be converted from heavy oil type to natural gas type. New boiler has come on stream in July 1991. Therefore, we wish to report our experience of No. 4 boiler operation for two years.

1. はじめに

神崎工場は兵庫県の南東部に位置し、神崎川を挟んで大阪市に隣接している。東を見れば生駒山系、西には六甲山系が見え、人情味や連帯感など心の触れ合い面で優れた尼崎市にある。工場を基点とした周囲の環境上の変化をみれば、年々増改築による高層化、公害訴訟の問題等兵庫県及び尼崎市の環境基準への厳しい取り組み姿勢等がある。これを考えれば大気汚染、工場廃水等の環境問題について、今後もより一層シビアに取り組まなければならない。これらのことからエネルギーの選択、それによる作業の合理化、将来へのアプローチを勧奨し、私達は平成3年7月重油専焼4号ボイラーを都市ガス専焼ボイラーに転換した。現在、2年間の操業を経験したのでその概要を報告する。

2. 火力発電所の概要

神崎工場では各種コーターをメインとして操業して

いる。現在、抄紙機1台、オフコーター16台があり、月間27,000tの印刷紙、特殊紙を生産している。

これらの設備に蒸気、電気を供給している汽力発電設備は図1、表1のようにボイラーが3缶、蒸気タービンが2基あり、ボイラーの総蒸気量は120 t/h、電力総出力は8,200 kWの自家用発電設備となっている。過去、当社富岡工場の第2期設備が稼働を始めたのに伴いバルブ設備、抄紙設備を神崎工場から撤退させたため、プロセス使用蒸気量が減少しボイラー・タービンの負荷率低下を招いている。

電力設備は関西電力系と同期運転し、時間帯別契約電力は昼間9,000 kW、夜間9,300 kW、尖頭時7,600 kWで昼間夜間の平均購入電力比率は約60%となっている。

3. 都市ガスボイラーへの改造経緯

4号ボイラーは重油専焼時、給水温度110℃定格負荷60 t/hで主蒸気温度が485℃の仕様になっている。

表 1 神崎工場自家用汽力発電設備

ボイラー (計 120 t/h)							
機番	形 式	蒸発量 t/h	最高圧力 kg/cm ²	温度 ℃	伝熱面積 m ²	燃 料	製作年
2B	三菱 CE 水管式	30	24	380	801.5	重 油	1955
3B	三菱 CE 水管式	30	24	380	801.5	重 油	1957
4B	三菱 CE 水管式	60	69	485	1,315	都市ガス	1965

蒸気タービン (計 8,200 kW)							
機番	形 式	出 力 kW	圧 力 kg/cm ²	温度 ℃	抽気/背気 kg/cm ²	回転数 rpm	製造者
2T	抽気・背圧	3,200	20	370	6/2	3,600	三菱重工
3T	抽気・背圧	5,000	60	480	13/2	3,600	三菱重工

図 1 神崎工場汽力発電所蒸気流れ図

ここで燃料を都市ガスに転換すると主蒸気温度が上がり、485℃を維持するにはスーパーヒーター伝熱面積を減らすか、或いは蒸気負荷制限をする必要がある。都市ガス焚きの炎は油焚きの炎に比べ輝度が低く、かつ長炎になるため火炉での熱吸収が減少し、火炉出口ガス温度が上昇するからである。

一般的に重油等の液体燃料では、バーナーから霧状に噴射された油滴の表面から着火して燃焼する。炭素の2重結合は炭素を遊離し易く、このため残された炭素原子の結合粒子は大きく、この粒子が強い輝炎輻射を行うため火炉での熱吸収が多くなる。一方、都市ガ

スの主成分はメタンであり、他の成分も不飽和炭化水素の結合で遊離炭素は生じ難く粒子も0.01～0.08μと小さい。火炎は薄青色で輝度の低い不輝炎燃焼となり、火炎での熱吸収が低く、重油焚きに比べ火炉出口温度が高くなる。また熱伝導率も重油焚きに比べ排ガス中の水分が40%も多いことから不輝炎輻射熱伝導率が増加する。さらにスケールによる管表面の汚れが無い等3者が相まって、スーパーヒーターでの熱吸収増加をもたらす主蒸気温度が高くなる。

しかし、4号ボイラーには高压給水加熱器が付けられていて、これはタービン抽気を使用しその増加分による発電増を狙ったものである。高压給水加熱器を使用すると主蒸気温度が20℃～30℃低くなることも分っていた。そこで高压給水加熱器を常時使用しボイラー給水温度を170℃にする条件で、定格負荷60 t/hの時主蒸気温度が485℃を超えない様にならないか、再度メーカーに検討してもらったがその保証は得られなかった。その結果、燃焼装置だけの改造にするのか、それとも燃焼装置とスーパーヒーター伝熱面積カットとの併合にするのか、二者択一を迫られる形になった。現状のプロセス蒸気使用量、及び燃料転換による所内蒸気使用量の減少を考えれば、定格負荷60 t/hの連続はあり得ないと判断したが念のため通産局に相談を持ち掛けた。「連続して定格温度を超える状態では試運転検査に合格は出せない。また、負荷を制限することによって定格温度を維持できるのであれば、その時の負荷を定格負荷として合格とすることはできる。」との返事であった。しかし、何としてでも定格負荷を60 t/hにしたい。ボイラー給水温度を精一杯上げてやれば主蒸気温度をもう少し下げれるのではないかと。重油燃焼

時に 180℃ 迄上げたこともある。そこで、高压給水加熱器にフルに蒸気を通し、給水温度を最大限上げてやるという事で、燃焼装置を都市ガス専用に取り替えるだけの燃料転換工事に踏み切った。

4. 運転実績

平成 3 年 7 月に操業運転に入ったが、2 年間経過した今大きな問題も出ないまま推移してきている。当初心配していた主蒸気温度が上がり過ぎる問題、窒素酸化物規制値の問題も定格負荷 60 t/h でのテスト運転時に無事クリアし、通産局から合格の印を貰うことができた。今回の燃焼装置の改造は重油専焼時と同じバーナーメーカーであったため構造を概ね理解しており、主蒸気温度、窒素酸化物濃度低下の調整がやり易かったのもその一因と思われる。また重油焚きに比べ制御性が良く黒煙発生の心配がないので、思い切ったエアードンパーの調整ができ低 O_2 燃焼が可能になった。これらが好結果をもたらした原因と言える。

重油専焼時には管表面に付着するスケールによりボイラー出口ガス温度の上昇、ボイラー効率低下の問題があった。毎年 5 月に定期検査を行っているが図 2 に示すように年末にはボイラー出口ガス温度が 400℃ を超えることもあった。冬場にはボイラー負荷が増え、よりガス温度を上昇させ、年末には中間掃除と呼んでいる管表面に付着したスケールの除去作業をしていた。しかし都市ガス燃料に転換したことで管表面の汚れは無くなり、年末になっても殆どボイラー出口ガス温度は上昇しなくなった。クリーン燃料の賜物である。平成 3 年 12 月末に確認のため炉内に入ったが、重油専焼時と比べ非常にきれいであり、今後年末の中間掃除は不要と判断し平成 4 年からは中止した。そして今年の

定期検査を迎えたが 1 年間何の問題も起こらなかった。これからは定期検査時の掃除だけで十分と考えている。

以下都市ガス専焼化後の主な効用についてまとめる。

(1) 環境改善

重油専焼時は急激な負荷変動による黒煙の発生、硫酸ミストによる紫煙の棚引き等、見た目に非常に悪い印象を与えていた。工場周辺には煙突と同じ高さの高層住宅が建てられ、風向きによってはそれに打ち当たる感じさえしていた。そのため周辺の方々から苦情が寄せられはしないかと神経を尖らせる毎日であった。しかし今回の改造で硫酸酸化物の発生は皆無、窒素酸化物、ばいじんの排出も削減され、また黒煙の発生、紫煙の棚引きも無くなり、周辺地域に与える環境イメージの向上に大きく寄与できた。

表 2 都市ガス燃料へ転換時の試運転記録

過熱器出口蒸気圧力	kg/cm ²	62.0
過熱器出口蒸気温度	℃	476
ボイラー入口給水温度	℃	163
ボイラー出口ガス温度	℃	342
空気予熱器出口ガス温度	℃	132
主蒸気流量	t/h	59.3
都市ガス流量	m ³ N/h	4,300
ボイラー出口 O_2	%	1.1
排ガス NO_x ($O_2 = 5\%$)	ppm	129.5
排ガス SO_2	ppm	0

図 2 主蒸気温度・ボイラー出口ガス温度の推移

(2) メンテナンスの向上

老朽化が進みメンテナンス費用が増加の一途であった排煙脱硫装置を停止することができ、増大しつつあったメンテナンス費用が削減された。また汚れや苛性ソーダ、強酸性物質の取り扱い作業もなくなり、3K職場のイメージを一掃した。ボイラー本体においても炉内の汚れが大幅に少なくなり、内部点検が容易になった。硫黄酸化物が無くなったことで空気予熱器の損傷も少なくなり、整備周期の延長が可能になった。またボイラー本体、煙道、煙突の損傷も少なく補修の軽減を図れた。

(3) 省 力 化

手間暇の掛かっていた排煙脱硫装置が停止され、またボイラー付属設備の一部も停止された。重油専焼時には重油の温度管理、バーナーチップの掃除及び交換、

或いはサービスタンクへの移送等気を遣う作業も多くあったが、都市ガス化されたことによりそれらの作業が無くなった。燃焼性の良さ、バーナーターンダウンの広さなどから負荷変動にも無理なく追従するので精神的に余裕を持てるようになった。その他コンピュータの導入で中央監視システムを強化したことにより、運転要員を各直1名減らす省力化に踏み切った。なお運転員はボイラー・タービンの運転業務の他に、工場用の排水管理も担当している。

(4) そ の 他

排煙脱硫装置、ボイラー付属設備の一部が停止され、これらの運転のため消費されていた電気、蒸気、工業用水、圧縮空気のエネルギー削減を図れた。排煙脱硫装置では硫黄酸化物吸収用に多量の苛性ソーダを使用していたがそれも要らなくなった。また、その排水を

表 3 ばい煙の排出基準と排出実績比較

(協定基準値について)

硫黄酸化物(総量規制値) 109 t/年 7.93 m³N/h窒素酸化物(NO_x対策要綱にもとづく総量規制) 142 t/年 27.2 kg/h

〔重油専焼〕平成2年度

月	硫黄酸化物 (ppm)	窒素酸化物 O ₂ =4%換算(ppm)	窒素酸化物 O ₂ =0%換算(ppm)	ばいじん (g/m ³ N)	AH出口O (%)
5	3.0	137	169	0.021	4.5
7	3.1	140	173	0.032	4.0
9	3.5	124	153	0.037	4.0
11	4.0	140	173	0.037	3.5
1	3.0	134	165	0.026	4.5
3	3.4	143	177	0.030	5.0
平均	3.3	136	168	0.030	4.3

〔ガス専焼〕平成4年度

月	硫黄酸化物 (ppm)	窒素酸化物 O ₂ =5%換算(ppm)	窒素酸化物 O ₂ =0%換算(ppm)	ばいじん (g/m ³ N)	AH出口O (%)
5	0	123	161	0.003	2.5
7	0	103	135	0.000	2.5
9	0	96	126	0.000	3.0
11	0	113	149	0.001	3.4
1	0	114	150	0.007	2.3
3	0	123	161	0.000	3.5
平均	0	112	147	0.002	2.8

曝気処理していたが、その動力費及び中和用苛性ソーダも不要となった。ボイラーにおいては噴霧蒸気、空気予熱器蒸気、スートブロー蒸気も要らなくなった。都市ガスはC重油に比べカロリー当たりの単価は高いが前記諸々を差し引きすると、蒸気単価は低下したと言える。さらに都市ガス燃料特有の火災による主蒸気温度の上昇が図られ、タービン発電力アップに繋がる等広範囲にわたり得るものがあった。

5. 環境問題

神崎工場の環境規制値は大気汚染防止法に基づく排出基準の他に兵庫県、尼崎市と公害防止協定を結んでおり、この協定に基づく基準の方がより厳しいので、今回の都市ガス専焼化に当たってはこの排出基準を達成することが計画目標になっていた。表3に示すように、重油専焼時と比べかなり低い数字となり満足できる値となった。

(1) 硫黄酸化物

燃料である13A都市ガスには硫黄酸化物の因をなす硫黄分は含まれていない。これは公害健康被害補償予防協会でも認めており硫黄酸化物は排出されない。

(2) 窒素酸化物

新設のガス専焼ボイラーに於いてはその規制基準100 ppm ($O_2=5\%$) クリアーは十分可能(メーカー談)である。しかし重油専焼ボイラーを燃焼装置の改造でガス専焼ボイラーにした時、その規制基準である130 ppm ($O_2=5\%$) をクリアーできるか否か心配な面もあったが、ガス専焼低 NO_x バーナーの採用、低 O_2 燃焼管理の徹底で規制値をクリアーしている。

(3) ばいじん

ばいじんの排出基準は $0.05 \text{ g/m}^3 \text{ N}$ ($O_2=5\%$) になっているが、13A都市ガスを燃料としたことで殆ど皆無といっても過言でない状況で規制基準をクリアーしている。

6. 今後の課題

主蒸気温度が上昇し過ぎる問題が、これからも付いてまわりそうである。図2の主蒸気温度を見れば最高 460°C となっており、定格温度の 485°C にはまだ余裕はあるのだが、急激なボイラー負荷低下の時には主蒸気温度が上昇するので、少し余裕を持った管理としている。また古いボイラーなのであまり無理をしたくないのも実状である。そのためには高圧給水加熱器の維持・管理に注意を払う必要がある。ボイラー負荷にもよるが、高圧給水加熱器で給水温度を上げてやらないと、定格温度以下での運転が難しくなるのでトラブルを絶対に避けなければならない。安定運転を続けるための課題の一つである。

神崎工場の操業形態の変化から電力負荷、蒸気負荷のバランスが変化して購入電力増加の傾向にある。自家発電比率アップのためガスタービン、廃熱ボイラーのコージェネ設備を検討中である。これからの操業状況等不透明な部分はあるが、電力使用量の増減カーブをにらみながら導入のタイミングを待っている。

その他、塗抹機乾燥ゾーンへの都市ガスの利用、冷房、冷凍設備の都市ガス化も今後の課題である。折角クリーンエネルギーを導入したのだからボイラー・タービンでの利用に止まらず、ガス会社技術陣ともタイアップして、製紙工場の中でどんな所に有効利用できるのか種々アプローチしたいと思っている。