

熱 管 理 の 策

齋 藤 武

熱管理は何故必要か

統計によると、昭和28年の日本人一人当りのエネルギー消費量は、6500キロカロリーの石炭に換算して1246キログラムであると言われる。その内訳をみると次のようになっている。

石炭	石油	天然 ガス	水力	薪炭材	合計
521.3	160.9	1.5	369.0	137.3	1246
					キログラム

これで明らかなように、最大のエネルギー源は石炭であるが、その埋蔵量を100億屯とすれば、吾国人口8800万人で、今後人口の増加も、一人当りの消費量の増加もないものとしても、全部が掘り尽くされるまでの寿命は僅かに200年余りに過ぎない。水力は、もともと吾国は地形と雨量とに恵まれ、特に戦後は経済の再建を目指して電源開発計画が着々実行に移され、更に昭和28年から5カ年計画として370万キロワットの開発が進められているが、有利な建設地点は次第に少なくなり、一般に建設費が高まり、電力は多くなるが一方電力価格が逆に高くなるという矛盾を呈しはじめている。石油の消費も大きい、上の数字のわずか2.5%が国内で生産されているに過ぎず、その大部分は外国より輸入にあおいでいる有様である。薪炭材が吾国エネルギー源に極めて大きな役をなしていることは、特に注目されるべきである。この消費の大半は家庭燃料であって、炊事用、暖房用として日常生活に不可欠な熱源となっているが、消費単位が極めて少なく、しかもその数は非常に多いため、山林における消費の実態や木材工業における廃材の利用の限界など、実際には把握が極めて困難で、実数は上表を上廻るものと考えられる。しかもその森林資源は、戦時中より戦後にかけての濫伐の結果、極めて憂うべき状態にあるのは、御承知の通りである。

吾国のエネルギー資源はこのようにまことに貧困である。エネルギーの過半を供給している石炭も、前記のように埋蔵量に対して過大の出炭を行っておるため、採炭の条件が次第に悪くなり、昭和9年を100とすると現在は平均採掘深度は124となり、切羽までの平均坑道距離は123となっている。切羽の合理化、採炭運搬の機械化など種々の努力は払われているが、石炭原価のうち労務費の占むる割合は昭和15~16年で33~34%であったものが、昭和28年には48%に上昇している。そのうえ出炭品位も昭和の初め頃より次第に低下している有様である。一方、これに代るべき他の燃料資源は前に述べたように更に貧困なのである。まことに残念ではある、これが吾国のエネルギー資源の現況である。

このような貴重なエネルギー資源を、それでどのように使用しているであろうか。1950年の推定によるとアメリカの総合使用効率は30%と言われ、イギリスが24%、ソ連が23%、フランス、ドイツが20%であるというのに、日本はわずか13%といわれている。日本は同一の必要エネルギーに対し、アメリカに比し約2.5倍、フランス、ドイツに比し約1.5倍のエネルギーを消費していることになる。これには、もろ論現在吾国がおかれている経済的な、また社会的な止むを得ない種々の原因もあるが、明らかに技術的な立遅れを表わしたものであり、言い換えればここに技術的に解決の余地がある。同一エネルギー源に対してその使用効率を高めることは、今迄廃棄されていたエネルギー源を発掘すると同一の効果を取ることが出来るのである。国の資源の有効利用の立場から、また各生産工場においては生産原価中の動力費、燃料費を低減する立場から、熱管理の推進が強く叫ばれるのである。

熱管理は如何にして行うか

生産工場であれば企業の合理化は、優良品の生産とその生産原価の切り下げに向けられる。生産原価中燃料の占むる割合は、各種産業により異り一様には言い得ないが、およそ機械5~10%、化学20~30%、窯業20~45%、鋳鉄30~60%、セメント35%、電力(火力)70~80%となっている。自工場でこの割合が何パーセントになっているかはもち論明らかであろうが、この値が果して最も燃料の有効利用に役立っているであろうか、燃料が蒸気発生に用いられているときは蒸気単価が如何ほどになっているだろうか、蒸気量を果して適確に把握しているであろうか、蒸気輸送の途中熱損失は如何ほどであろうか、蒸気使用面になお改善の余地はないであろうか、廃材の処理法としてボイラーに焚き燃料費は無料と言う考え方は現在果して妥当であろうか、熱管理はこれらの諸問題を燃料の入手、購入の初めから熱利用部門の末端まで一貫して系統立て組織的に、熱エネルギーの有効利用の面から検討を行い改善施策を実施することになる。

木材工業では燃料の使用の最も多いのは蒸気の発生すなはちボイラー燃料としての使用であると思われるので、まづ蒸気発生部門の管理のうち主だった問題二、三について述べよう。

1. 蒸気発生部門の管理

イ ボイラー効率の上昇

一般にボイラー効率はボイラー型式により異なるが、ランカシヤ、コルニッシュ燻のような煙筒燻で50~60%、煙管燻(横置多管燻)で60~70%、水管燻で65~80%と言われる。高性能の大型水管燻では現在90%を越えるものもある。大容量の高圧ボイラーは専ら水管燻に限られているが、小型ボイラーでも現在は高性能の水管燻に次第に移行するすう勢にある。たゞ水管燻は煙筒燻や横置多管燻に比し燻内の保有水量が比較的少ないため、急激な負荷の変動のあるときは圧力変化や水面移動が大きく表われるので、燻型式の選択にはこの点を考慮しなくてはならない。

ボイラー設備が如何に優れていても、燃焼装置が燃料に不適當なものであったり、ボイラー操業に適正を欠けば効率は著しく低下する。また反対にボイラー保守管理が行届いていると、たとえ旧型ボイラーでも相

当以上の効率をあげうる。イギリスはその国柄が極めて保守的でランカシヤボイラーが今もなお広く用いられているが、英国炭利用研究会では1942年より1949年まで前後8年に亘り、手焚きのランカシヤボイラーについて効率改善の研究を行った結果、各部の保守管理を完全に行い、また投炭扉の一部改造することにより効率は確実に70%にまで上昇せしめうることを、更に80%までも上げ得る見込みであることを詳細な数値をそえて表している。

既設ボイラーについては、まづボイラーを最適の運転条件におき、その性能を十二分に發揮せしむることに努むべきであろう。これには量水計、ドラフトゲージ出来得ればガス分析装置、ガス温度計など計測器類を漸次装備して、まづ現状を数量的に把握し、計測結果に基いて燃焼の管理、ボイラー性能の向上を計るべきで、ボイラー効率上昇のための第一歩は計測の管理から始まる。ボイラー操業についての永い経験と勘とはもち論尊重さるべきであるが、これのみに頼ることは応々極めて危険であって、この経験と勘とを科学的計測によって裏付けし、その効果を数量的に表現する習慣つけることこそ大切である。

ロ 配管の適正化、保温の完備

ボイラーで発生した蒸気を使用箇所まで送る途中の配管での熱損失は思いのほか大きいものである。10から20%場合によっては40%以上の熱が配管表面から無益に大気に放出されている。次ぎ次ぎに拡張された工場でボイラー室からの距離も遠く、管に屈曲の多い場合など思い切った配管の適正化工事が必要であろう。また戻り管が床下を通るため漏洩や保温の剝脱に気が付かずに思はぬ損失を招いている例などが多い。保温の必要は今更申すまでもないが、特に本道のような寒冷地では冬季間の配管よりの損失が意外に多いことに充分留意しなくてはならない。

ハ トラップの使用

蒸気を用いて乾燥や加熱を行うのは、蒸気の蒸発潜熱、すなわち凝縮潜熱を利用することにある。乾燥機や加熱装置の終端より若し生蒸気を排出しているとすればこれは大きな損失である。トラップは蒸気をとらえ、温水のみを排出するために用いられる。

二 排熱の回収

ボイラーの煙排熱の回収は、給水を予熱する節炭器炉に送る空気を温める空気予熱器などがあり、いづれもボイラー効率上昇に直接役立つものである。ただ煙突のみの自然通風ではガス温度が下りぬい込みが悪くなるので限度がある。加熱装置などのトラップからの温水は出来るだけボイラーに戻し、給水温度を高めることが大切で、たとえばボイラーの給水温度が10°Cのものが若し70°Cの戻り水を用いたとすれば、およそ9%程度の燃料節約となる

ホ 低価格炭の使用

蒸気単価を下げるのに二通りある。一つがボイラー効率を高め同一量の石炭から出来るだけ多くの蒸気を発生することである。他は低価格燃料を使用することである。たとえば、粘結性のない所謂さえ物細粉や選炭機で水洗の際流出し沈澱池に沈積する水分の多い沈澱微粉などは、発熱量が5000~6200kcal/kgとかなり高いにも拘わらず、粒度が細く非結性又は水分の多いなどのために、普通の火格子では燃焼が甚だ困難なので市場価格が極めて低い(屯当り1000~3000円程度)これらの炭を、たとえば中空ロストル式加圧燃焼機など特殊工夫をほどこした設備で有効に燃焼使用することができれば、蒸気単価は著しく切り下げることが出来る。このためには設備の改善や取扱上種々の問題もあるが、石炭単価が同一発熱量に対して既に5%以下にもなるので充分考慮すべきことである。カロリー当り90銭以上の石炭を用い、蒸気屯当り1200円以上であったものが、このような低価格炭の使用により450円から300円にまで切り下げ得た実例が多くある。木材工業において廢材を他に利用するか、燃料として焚焼するかの経済的限界はこの辺に置いてまづ検討するべきであろう。

2. 熱使用部門の管理

燃料の燃焼から、蒸気の発生、そして蒸気の輸送までの部門の管理が如何に行届いて行われたとしても、熱使用部門の管理が不充分であれば、熱管理は甚だは行的となる。また、熱使用部門の管理と言うのは、その目標が単に使用熱量の節減のみであっては甚だ不充分である。燃料の節約を第一に主張するのは狭義の熱

管理である。目標は燃料の節約ではなく、燃料の有効利用にあるので、有効利用が必ずしも燃料の節約と同意義とはならず、反対にたとえば木材合板工業において、もしホットプレス作業に更に高温の蒸気を長い時間通すことにより製品の品質が向上することが判ればたとえ蒸気の使用量を増しても品質の向上を計ることもあり得よう。

熱管理が蒸気発生部門に限られることなく、熱使用設備全般について、工場管理の広い視野から総合的に一貫した検討が行われなくてはならない。

3. 作業の管理

熱使用設備の管理は、その作業を分析して蒸気発生部門、すなわちボイラー設備の作業管理と関連して考慮しなくてはならない。ボイラーは規定の蒸発量で時間的に変動の少ないときが最も効率がよいので、プレスや蒸解など急激に蒸気の使用量の変動するものでは、ボイラーにかかる負荷が出来るだけ変動の少いように作業の時間的な配分を考慮し、また、作業の性質工程の繁閑、生産数量などを考慮した作業法を研究し熱管理の面から合理的な一貫作業となるよう作業標準を定めるとよい。

4. 労務管理

早朝工場の操業開始の際、煙突からは黒煙がモクモク出る。ボイラー室では汽籠士諸君が下る圧力計を気にしながら懸命の投炭を続ける。工場内では各装置に一齐に生蒸気が通り、白煙の排気が勢よく外気に噴出する。いかにも活々とした仕事始めの風景ではあるが、熱管理上から見れば申すまでもない愚かな点描である作業の時間、人員の配置などは熱管理実施の上に最も適当なように労務管理を行うことが必要である。それぞれの工場の規模や内容に応じた熱管理の責任者を定めると共に、これらの人の任務と権限を明確にすべきであろう。

経営者又は工場幹部は、まづ熱管理に関する正しい理解と認識とをもち、良い技術者をつくり優遇し、工場内に熱管理についての関心を高め、関係者が互に連絡し合い進んで熱管理に協力するの態度をつくることが大切である。

(1950.3月)

—北大工学部助教授—

熱管理は何故必要か

統計によると、昭和 28 年の日本人一人当りのエネルギー消費量は、6500 キロカロリー
の石炭に換算して 1246 キログラムであると言われる。その内訳をみると次のようになって
いる。

石炭	石油	天然ガス	水力	薪炭材	合計
521.3	160.9	1.5	369.0	137.3	1246 キログラム

これで明らかなように、最大のエネルギー源は石炭であるが、その埋蔵量を 100 億トン
とすれば、我国人口 8800 万人で、今後人口の増加も、一人当りの消費量の増加もないもの
としても、全部が掘り尽くされるまでの寿命は僅かに 200 年余りに過ぎない。水力は、も
ともと我国は地形と雨量に恵まれ、特に戦後は経済の再建を目指して電源開発計画が着々
実行に移され、更に昭和 28 年から 5 ヶ年計画として 370 万キロワットの開発が進められて
いるが、有利な建設地点は次第に少なくなり、一般に建設費が高まり、電力は多くなるが
一方電力価格が逆に高くなるという矛盾を呈しはじめている。石油の消費も大きい、上
の数字のわずか 2.5% が国内で生産されているに過ぎず、その大部分は外国より輸入にあ
おいでいる有様である。薪炭材が我国エネルギー源に極めて大きな役をなしていることは、
特に注目されるべきである。この消費の大半は家庭燃料であって、炊事用、暖房用として
日常生活に不可欠な熱源となっているが、消費単位が極めて少なく、しかもその数は非常
に多いため、山林における消費の実態や木材工業における廃材の利用の限界など、実際
には把握が極めて困難で、実数は上表を上廻るものと考えられる。しかもその森林資源は、
戦時中より戦後にかけての濫伐の結果、極めて憂うべき状態にあるのは、御承知の通りで
ある。

我国のエネルギー資源はこのようにまことに貧困である。エネルギーの過半を供給して
いる石炭も、前記のように埋蔵量に対して過大の出炭を行っており、採炭の条件が次
第に悪くなり、昭和 9 年を 100 とすると現在は平均採掘深度は 124 となり、切羽までの平
均坑道距離は 123 となっている。切羽の合理化、採炭運搬の機械化など種々の努力は払わ
れているが、石炭原価のうち労務費の占むる割合は昭和 15 ~ 16 年で 33 ~ 34% であつたも
のが、昭和 28 年には 48% に上昇している。そのうえ出炭品位も昭和の初め頃より次第に低
下している有様である。一方、これに代るべき他の燃料資源は前に述べたように更に貧困
なのである。まことに残念ではある、これが我国のエネルギー資源の現況である。

このような貴重なエネルギー資源を、それではどのに使用しているであろうか。1950 年
の推定によるとアメリカの総合使用効率は 30% と言われ、イギリスが 24%、ソ連が 23%、
フランス、ドイツが 20% であるとうのに、日本はわずか 13% といわれている。日本は同一
の必要エネルギーに対し、アメリカに比し約 2.5 倍、フランス、ドイツに比し約 1.5 倍のエ
ネルギーを消費していることになる。これには、もち論現在我国がおかれている経済的な、
また社会的な止むを得ない種々の原因もあろうが、明らかに技術的な立遅れを表わしたも
のであり、言い換えればここに技術的に解決の余地がある。同一エネルギー源に対してそ
の使用効率を高めることは、今迄廃棄されていたエネルギー源を発掘すると同一の効果を
収めることが出来るのである。国の資源の有効利用の立場から、また各生産工場において
は生産原価中の動力費、燃料費を低減する立場から、熱管理の推進が強く叫ばれるのであ
る。

熱管理は如何にして行うか

生産工場であれば企業の合理化は、優良品の生産とその生産原価の切り下げに向けられる。生産原価中燃料の占むる割合は、各種産業により異なり一様には言い得ないが、およそ機械 5～10%、化学 20～30%、窯業 20～45%、鉄鉱 30～60%、セメント 35%、電力(火力) 70～80%となっている。自工場でこの割合が何パーセントになっているかはもち論明らかであろうが、この値が果して最も燃料の有効利用に役立っているであろうか、燃料が蒸気発生に用いられているときは蒸気単価が如何ほどになっているだろうか、蒸気量を果して的確に把握しているであろうか、蒸気輸送の途中熱損失は如何ほどであろうか、蒸気使用面になお改善の余地はないであろうか、廃材の処理法としてボイラーに焚き燃料費は無料と言う考え方は現在果して妥当であろうか、熱管理はこれらの諸問題を燃料の入手、購入の初めから熱利用部門の末端まで一貫して系統立て組織的に、熱エネルギーの有効利用の面から検討を行い改善施策を実施することになる。

木材工業では燃料の使用の最も多いのは蒸気発生すなわちボイラー燃料としての使用であると思われるので、まず蒸気発生部門の管理のうち主だった問題二、三について述べよう。

1. 蒸気発生部門の管理

イ ボイラー効率の上昇

一般にボイラー効率はボイラー型式により異なるが、ランカシヤ、コルニッシュ罐のような煙筒罐で 50～60%、煙管罐(横置多管罐)で 60～70%、水管罐で 65～80%と言われる。高性能の大型水管罐では現在 90%を超えるものもある。大客量の高圧ボイラーは専ら水管罐に限られているが、小型ボイラーでも現在は高性能の水管罐に次第に移行する趨勢にある。ただ水管罐は煙筒や横置多管罐に比し内の保有水量が比較的少ないため、急激な負荷の変動のあるときは圧力変化や水面移動が大きく表われるので、型式の選択にはこの点を考慮しなくてはならない。

ボイラー設備が如何に優れていても、燃焼装置が燃料に不適当なものであったり、ボイラー操業に適正を欠けば効率は著しく低下する。また反対にボイラー保守管理が行届いていると、たとえ旧型ボイラーでも相当以上の効率をあげうる。イギリスはその国柄が極めて保守的でランカシヤボイラーが今もなお広く用いられているが、英国炭利用研究会では 1942 年より 1949 年まで前後 8 年間に亘り、手焚きのランカシヤボイラーについて効率改善の研究を行った結果、各部の保守管理を完全に行い、また投炭扉の一部改造することにより効率は確実に 70%にまで上昇せしめうること、更に 80%までも上げ得る見込みであることを詳細な数値をそえて表している。

既設ボイラーについては、まずボイラーを最適の運転条件におき、その性能を十二分に発揮せしむることに努むべきであろう。これには量水計、ドラフトゲージ、出来得ればガス分析装置、ガス温度計など計測器類を漸次装備して、まず現状を数量的に把握し、計測結果に基づいて燃焼の管理、ボイラー性能の向上を計るべきで、ボイラー効率上昇のための第一歩は計測の管理から始まる。ボイラー操業についての永い経験と勘とはもち論尊重されるべきであるが、これのみに頼ることは応々極めて危険であって、この経験と勘とを科学的計測によって裏付けし、その効果を数量的に表現する習慣つけることこそ大切である。

ロ 配管の適正化、保湿の完備

ボイラーで発生した蒸気を使用箇所まで送る途中の配管での熱損失は思いのほか大きいものである。10 から 20%場合によっては 40%以上の熱が配管表面から無益に大気に放出されている。次々に拡張された工場でボイラー室からの距離も遠く、管に屈曲の多い場合など思い切った配管の適正化工事が必要であろう。また戻り管が床下を通るため漏洩や保湿の剥脱に気が付かずに思わぬ損失を招いている例などが多い。保湿の必要は今更申すまでもないが、特に本道のような寒冷地では冬季間の配管よりの損失が意外に多いことに充分留意しなくてはならない。

ハ トラップの使用

蒸気を用いて乾燥や加熱を行うのは、蒸気の蒸発潜熱、すなわち凝縮潜熱を利用することにある。乾燥機や加熱装置の終端より若し生蒸気を排出しているとすればこれは大きな損失である。トラップは蒸気をとらえ、温水のみを排出するために用いられる。

二 排熱の回収

ボイラーの煙排熱の回収は、給水を予熱する節炭器炉に送る空気を温める空気予熱器などがあり、いずれもボイラー効率上昇に直接役立つものである。ただ煙突のみの自然通風ではガス温度が下がり吸い込みが悪くなるので限度がある。加熱装置などのトラップからの温水は出来るだけボイラーに戻し、給水温度を高めることが大切で、たとえばボイラーの給水温度が 10 のものが若し 70 の戻り水を用いたとすれば、およそ 9% 程度の燃料節約となる。

ホ 低価格炭の使用

蒸気単価を下げるのに二通りある。一つがボイラー効率を高め同一量の石炭から出来るだけ多くの蒸気を発生することである。他は低価格燃料を使用することである。たとえば、粘結性のない所謂さえ物細粉や選炭機で水洗いの際流出し沈殿池に沈積する水分の多い沈澱微粉などは、発熱量が 5000~6200kcal/kg とかなり高いにも拘わらず、粒度が細く非結性又は水分の多いなどのために、普通の火格子では燃焼が甚だ困難なので市場価格が極めて低い(トン当り 1000~3000 円程度)これらの炭を、たとえば中空ロストル式加圧燃焼機など特殊工夫をほどこした設備で有効に燃焼使用することができれば、蒸気単価は著しく切り下げることができる。このためには設備の改善や取扱上種々の問題もあるが、石炭単価が同一発熱量に対して既に $\frac{1}{3}$ 以下にもなるので充分考慮すべきことである。カロリー当り 90 銭以上の石炭を用い、蒸気トン当り 1200 円以上であったものが、このような低価格炭の使用により 450 円から 300 円にまで切り下げ得た実例が多くある。木材工業において廃材を他に利用するか、燃料として焚焼するかの経済的限界はこの辺に置いてまず検討すべきであろう。

2. 熱使用部門の管理

燃料の燃焼から、蒸気の発生、そして蒸気の輸送までの部門の管理が如何に行届いて行われたとしても、熱使用部門の管理が不充分であれば、熱管理は甚だは行的となる。また、熱使用部門の管理と言うのは、その目標が単に使用熱量の節減のみであっては甚だ不充分である。燃料の節約を第一に主張するのは狭義の熱管理である。目標は燃料の節約ではなく、燃料の有効利用にあるので、有効利用が必ずしも燃料の節約と同意義とはならず、反対にたとえば木材合板工業において、もしホットプレス作業に更に高温の蒸気を長い時間通すことにより製品の品質が向上することが判ればたとえ蒸気の使用量を増しても品質の向上を計ることもあり得よう。

熱管理が蒸気発生部門に限られることなく、熱使用設備全般について、工場管理の広い視野から総合的に一貫した検討が行われなくてはならない。

3. 作業の管理

熱使用設備の管理は、その作業を分析して蒸気発生の部門、すなわちボイラー設備の作業管理と関連して考慮しなくてはならない。ボイラーは規定の蒸発量で時間的に変動の少ないときが最も効果がよいので、プレスや蒸解など急激に蒸気の使用量の変動するものでは、ボイラーにかかる負荷が出来るだけ変動の少ないように作業の時間的な配分を考慮し、また、作業の性質工程の繁閑、生産数量などを考慮した作業法を研究し熱管理の面から合理的な一貫作業となるよう作業標準を定めるとよい。

4. 労務管理

早朝工場の操業開始の際、煙突からは黒煙がモクモク出る。ボイラー室では汽罐士諸君が下がる圧力計を気にしながら懸命の投炭を続ける。工場内では各装置に一齐に生蒸気が通り、白煙の排気が勢よく外気に噴出する。いかにも活々とした仕事始めの風景ではあるが、熱管理上から見れば申すまでもない愚かな点描である。作業の時間、人員の配置などは熱管理実施の上に最も適当なように労務管理を行うことが必要である。それぞれの工場の規模や内容に応じた熱管理の責任者を定めると共に、これらの人の任務と権限を明確にすべきであろう。

経営者又は工場幹部は、まず熱管理に関する正しい理解と認識とをもち、良い技術者をつくり優遇し、工場内に熱管理についての関心を高め、関係者が互いに連絡し合い進んで

熱管理に協力するの態度をつくることが大切である。

(1950.3月)

北大工学部助教授