

特集

多様なエネルギー資源の利用における新展開

石炭の複合的変換プロセスの開発

Development of Integrated Coal Conversion Processes

橋本 健治*

Kenji Hashimoto

1. はじめに

現在、わが国の第1次エネルギーの大半は依然として石油が占めており(1989年:57.3%),しかもその70%以上を政治的に不安定な中東湾岸地域からの供給に依存している。2度にわたる石油危機を経験し、わが国のエネルギー供給体制がいかに脆弱であるか思い知らされ、石油依存度を減少する努力が続けられた。産業界が省エネルギーを積極的に推進し、石油の使用量を減らす一方、エネルギー源を石油一辺倒から、液化天然ガス、原子力、石炭を併用するエネルギーの多様化政策が推進されてきた。

さらに1990年8月のイラクのクウェートへの侵攻に端を発する中東湾岸戦争が勃発し、世界平和とエネルギー危機の瀬戸際に立たされた。幸い戦争は一応終了したが、引続き中東湾岸地域の政治情勢は不安定であり、今後の石油の安定供給に不安が残る。

世界の人口増加と発展途上国の生活水準の向上に伴い、エネルギー消費は今後も増加していくと考えられる。しかるに原子力発電の停滞、太陽光、地熱、バイオマスなどの新エネルギー開発の遅れなどの制約のために、今後も引続き石油、天然ガス、石炭などの化石燃料によるエネルギー供給に頼らざるをえないだろう。

石油、天然ガス、石炭の残存可採埋蔵量の比は1:1:6~9位であるといわれる。石油と天然ガスの生産量は、今後数十年は増加するだろうが、やがて残存可採量の底が見えだし、資源温存の動きのために、2010~2030年頃には石油と天然ガスの生産量はピークに達し、その後は両者の供給量は鈍化していくと予想される。それに代わって石炭の占める割合が大きくなっていくであろう。

しかしながら、最近、地球規模での環境問題、特に炭酸ガス、フロン、メタンなどの温室効果ガスの排出

による地球の温暖化が世界的な問題になっている。温暖化の主原因とされている炭酸ガスの大半は石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料の燃焼によって生じるといわれている。

このように今後のエネルギー問題は単にエネルギー供給と需要の観点からの議論ではなく、炭酸ガスの排出による地球温暖化問題に代表されるように、常に環境保全、それも一地域や一国の範囲ではなく地球規模での環境問題との関係でエネルギー問題について考えねばならない時代にある。従って、石炭もこの地球環境時代に適応した使用法を開発しなければならない。

わが国の新エネルギー技術の開発は1980年に設立された通商産業省管轄下の新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が中心になって行っている。NEDOの事業は、各種石油代替エネルギーの技術開発、海外石炭および地熱の資源開発など、多岐にわたっている¹⁾。

一方、文部省においても、第1次石油危機に対応して、エネルギー特別研究(エネルギー)を組織し、1980年4月より1987年3月に至る7年間にわたり、総額80数億の科学研究費を費やし、延べ数千人の大学教官の参加により研究が行われた。さらに、それに引続き1987年4月より前・後期各3年の合計6年間の計画でエネルギー重点領域研究「エネルギー変換と高効率利用」が現在進行中である²⁾。エネルギーに関連する研究は、新しい技術開発を伴う目的指向型の実用的な研究になるが、大学における研究では、基礎的、学理的探求を推進する立場に立ち、また長期的観点にたって萌芽的アイデアを発掘する姿勢を重視している。

「エネルギー重点領域研究」は、つぎの4つの研究領域に分かれている。(A) エネルギーに関する社会的・経済的諸問題、(B) 多様なエネルギー資源の利用、(C) エネルギーの変換技術、(D) エネルギー利用の効率化。

今回の特集では、主としてB領域に関係するテーマ

* 京都大学工学部化学工学科教授

〒606 京都市左京区吉田本町

についての最近の研究成果について解説される。石炭に関する研究は、領域Bの中で取り上げられ、石炭の変換プロセスと触媒について2つの研究班で研究が行なわれている。

本稿では、石炭利用について最近の開発状況を概観し、さらにエネルギー重点領域研究の石炭の変換プロセスの開発班における研究成果の主なものについて述べたい。

2. 日本のエネルギー供給での石炭の位置^{1,3)}

第2次石油危機が起った1979年当時の日本の輸入エネルギーは石油換算で約4億3000万klで、その内訳は、石油が約70%、石炭が11%となっていた。その石油のほとんど全てを政情の不安定な中東地域から輸入していた。

世界の石炭の確認可採埋蔵量は瀝青炭と無煙炭にさらに亜瀝青炭と褐炭を加えると、7,308億トンに達し、可採年数は230年になる。この埋蔵量は石油の5倍以上であり、石油の可採年数が36年と推定されていることから比較すると、石炭が石油代替エネルギーとして重要であることが理解できる。また、賦存地域も政治的に安定した国々を中心に、オーストラリア、カナダ、アメリカ、中国、ソ連などと広がっている。1987年度の世界の石炭生産量は年間33億トンであり、このうち中国が27%、アメリカが23%、ソ連が16%を占めている。わが国では石炭需要の87%を輸入に依存している。今年度の国内全生産量は1110万トンであり、これは最盛時の1/5である。一方、今年度の石炭の需要総額は国内生産量の10倍の11,700万トンである。その内70%弱が原料炭と呼ばれ、その大部分が乾留によって製鉄用のコークス製造に当てられている。残りの30%強が一般炭と呼ばれ、発電用や産業用の燃料として利用されている。しかし、今後は石油代替エネルギーとしての重要性が増して行くであろう。

石油と比較して、石炭は固体で取り扱いに不便であり、さらに灰分や硫黄化合物が含まれており、炭酸ガスの排出量も大きい。このように環境保全の面で石炭の直接的な利用に難点がある。今後、石炭が石油代替エネルギーとして貢献するには、クリーンでしかも取扱いの容易なかたちに変換していかねばならない。具体的には、燃焼効率が高くクリーンな流動層ボイラー技術の開発、石炭のガス化ならびにそれに引き続く間接液化、石炭の直接液化、石炭を微粉碎して重油あるいは水に混ぜてスラリー状態にする石炭流体化技術な

どが重要になってきた。

3. 石炭転換技術の開発¹⁾

3.1 石炭のガス化

石炭をガスに転換する一つの方法は石炭を蒸焼きにして都市ガスとコークスを製造する乾留法である。すなわち、石炭を非酸化雰囲気下で加熱すると、低温で石炭の一部は分解してメタン、水素などの都市ガス、ならびにベンゼン、トルエン、タールなどの有機化合物を生成し、残りの固体はコークスになる。しかし現在、大都市でのガスはほとんど液化天然ガス(LNG)に転換されたので、乾留の目的は都市ガスの製造よりもコークスの製造にある。

石炭を全てガスに転換する方法は石炭ガス化法と呼ばれる。石炭の主成分は炭素と水素である。700°Cから1500°Cの温度で石炭を水蒸気、あるいは酸素(または空気)と反応させると、一部は炭酸ガスになるが、基本的には、水素と一酸化炭素を主成分とするいわゆる合成ガスに変換できる。

石炭のガス化プロセスの心臓部はガス化反応装置であり、移動層型、流動層型、気流層型、溶融層型などの反応装置が用いられている。それぞれの特徴を以下に簡単に述べておく。

- a. 移動層型ガス化炉……石炭粒子が炉頂部から連続的に供給され、非常に遅い速度で降下する。一方、水蒸気と酸素を含むガスが炉底部に吹き込まれ、石炭とガスは向流に接触しながらガス化反応が起こる。
- b. 流動層型ガス化炉……水蒸気と酸素によって石炭を流動化させながらガス化させる反応器である。
- c. 気流層型ガス化炉……微粉炭を直接あるいは水スラリーの状態にしてバーナーから高温の炉内に噴出させて、ガス化を瞬間的に完了させる。
- d. 溶融層型ガス化炉……高温の溶融スラグの表面に石炭と水蒸気を吹き付けて、瞬間的に石炭をガス化させる。

現在わが国で開発が進められているガス化反応装置は、気流層型に分類される装置であり、高温におけるガス化に適した反応炉である。

石炭ガス化ガスの利用先としては次のような分野が考えられている。(a) 石炭ガス化複合サイクル発電、(b) 化学工業用原料、(c) 石炭液化用水素、(d) 都市ガス、産業用燃料ガス。それぞれについて簡単に説明しておく。

(a) 石炭ガス化複合サイクル発電 現在の石炭直接燃焼方式によるスチームタービン単独発電の熱効率はほぼ限界値に近いところにきている。石炭を高温の気流層型ガス化炉を用いてガス化し、その生成ガスを燃料として、まずガスタービンを駆動して発電し、次いでその高温排気ガス(400~550°C)を排熱回収ボイラーに導き熱回収を行い、発生した蒸気を用いてさらに蒸気タービン発電を行う複合発電方式が注目されている。天然ガスを用いる複合発電はすでに実用化されており、熱効率は45%以上に達している。現在の石炭火力発電の熱効率は約39%であるのに対して、石炭ガス化複合発電では発電効率が44~46%に達すると期待されている。さらに大気環境排出物(NO_x, SO_xおよび灰じんなど)も大幅に低減できることが期待されている。このような有利な点が期待できるので、日本では電力業界が中心になって石炭ガス化複合サイクル発電についての研究が精力的に進められており、石炭ガス化生成ガスの工業的利用の有力な候補の一つになりつつある。

(b) 化学工業用原料 石炭をガス化すると水素と一酸化炭素を主成分とするガスが得られる。このガスは合成ガスと呼ばれ、これを原料にして、エタノール、酢酸、炭化水素(オレフィン、ガソリン)などの化学工業製品を直接に合成する方法、さらに後述する間接液化法によってガソリンや軽油を合成する方法が検討されている。さらに合成ガス中の水素を用いてアンモニアを合成する工業プロセスが現在稼働中である。

(c) 天然ガス代替ガス 都市ガスとして液化天然ガス(LNG)が普及してきたが、LNGと石油の価格は互いにリンクしており、またその資源量にも限界がある。そこで、その代替ガスとして水素雰囲気下で石炭をガス化してメタンを主成分とするガス(SNG)を製造することが検討されている。

3.2 石炭の液化

石炭を石油と比較すると、石炭中には酸素が多く水素が少なく、また石炭の分子量は石油のそれより一桁大きい。したがって石炭を石油に変換するには、高温・高圧の条件下(400~450°C, 100~300atm)で溶媒を加えて複雑な高分子構造を分解して低分子化し、そこに触媒の作用で水素を添加することが必要になる。

この石炭の直接液化の技術は第一次世界大戦時にドイツで工業開発が進行した。しかし、その技術は経済性を無視したプロセスであり、第一次石油危機を契機にして石炭の直接液化プロセスの開発研究がアメリカ、

ドイツ、日本などで進められてきた。わが国においては、瀝青炭とオーストラリアの褐炭の液化の開発研究がNEDOの委託を受けて進められてきた。褐炭液化は日豪両国の国家共同プロジェクトとして1981年から開始され、1985年から5年間にわたる実験により、褐炭からの液化総合収率を50%にまで高める成果を挙げたが、今年秋には実験を終了する。原油価格が1バレル40ドル程度になると採算が取れる見通しである。

3.3 石炭の間接液化

石炭を石油に転換するもう一つの方法は、石炭をいったんガス化して合成ガスを製造し、鉄系の触媒を用いてガソリンや軽油にするフィッシャー・トロプシュ合成法(FT法)と、合成ガスからまずメタノールを合成した後にゼオライト触媒(ZSM-5)を用いてガソリンに変換する方法(MTG法)などがある。このような方法を石炭の直接液化法に対比して間接液化法という。石油資源のない南アフリカでは1955年からFT法でアルコールや溶剤の生産を開始し、その後の石油危機を契機に合成燃料の生産を増強してきた。

3.4 石炭の流体化

微粉にした石炭を重油あるいは水と混合すると粘度の高いスラリー状の流体になる。直径が0.05~0.1mmの石炭微粉と重油を50対50で混合したものをCOM(coal oil mixture)と呼んでいる。発熱量が高いので既設の重油炊きボイラーの燃料転換や高炉吹き込みの重油からの転換用に開発された。重油の代わりに水を混入した場合をCWM(coal water mixture)と呼ぶ。湿式ミルで石炭を0.1mm径以下に粉碎し、灰分や硫黄分を除去した後に石炭濃度が70%以上になるように水分を調整し、さらに微量の界面活性剤を添加して安定化した高濃度CWMが開発されている。CWMの発熱量は低いが、COMのように加温・保温設備が不要であり、現在のように大規模な貯炭場が不要になるなどの利点があるので今後利用の拡大が期待されている。

4. 「エネルギー重点領域研究」における石炭の研究²⁴⁾

現在の石炭利用のプロセス開発は、すでに概観してきたように、石炭をエネルギー源として考えて、石炭を一挙にガスあるいは液体に変換しようとする方向を目指している。したがって、ガス化、液化において採用

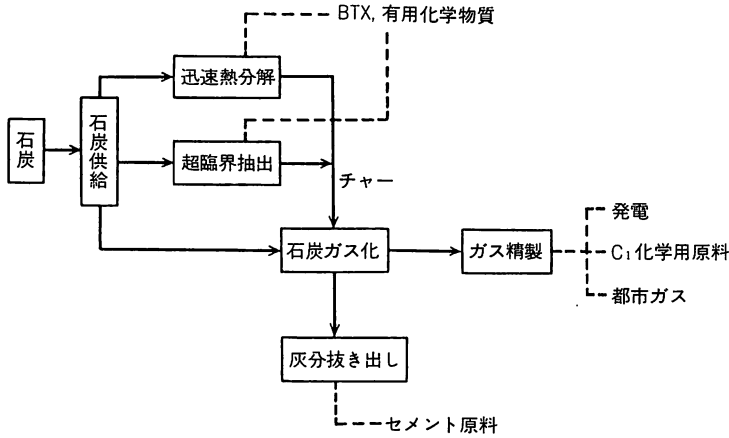


図-1 石炭を総合的に利用するためのガス化プロセスフローシート

されている反応条件はかなり過酷のものになる。しかし、石炭は複雑な有機化合物であり、有用な物質、あるいはその構成単位が含まれているはずである。石炭の構造と反応特性をよく把握して、石炭の特徴を十分に生かした転換法を開発す方向を忘れてはならない。そのような有用化学物質を転換以前に取り出して活用することによって、石炭から得られるエネルギーのコストが抑えられる利点も出てくる。

以上のような観点から、文部省科学研究費補助金による「エネルギー重点領域研究」の石炭研究班では、石炭を貴重なエネルギー源、ならびに化学原料源として捉え、それぞれの転換効率をあげ総合的にエネルギーコストを下げると同時に、将来の石油資源に変わる化学原料源として石炭を活用することを目指している。

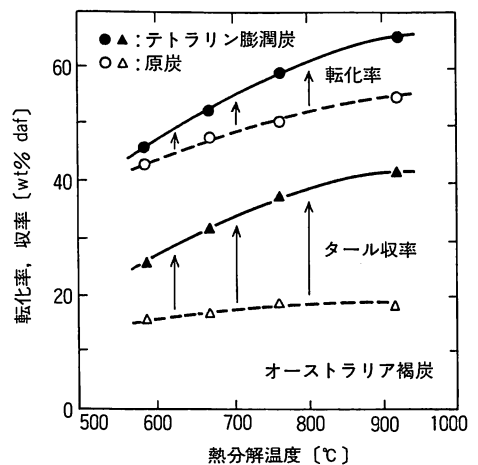
具体的には図-1に示すように、石炭をガス化する前に、迅速熱分解や超臨界抽出などの前段階の工程を使い、ベンゼン、トルエン、キシレン（BTXと略称）などに代表される有用化学物質を収率良く回収する。そして、いわゆるチャーと呼ばれる炭素を主体とする残渣をガス化する工程を組み合わせることにより、石炭を総合的に、かつ効率的に利用する新しいプロセスの開発を目標にして研究を行っている。以下にそれらの主要な研究成果を紹介する。

4.1 石炭の効率的迅速熱分解法の開発⁵⁾

石炭を変換する第一歩は、石炭が迅速に加熱され、石炭構造の弱い結合部分から解裂反応が進行し、熱分解フラグメントが発生する過程から始まる。このとき発生したフラグメントは石炭内の水素原子、ラジカルと結合して安定化する。安定化した生成物の分子量に

よって、ガス、タール（液状成分）、チャー（固体残存物）などが生成する。しかしながら、生成熱分解フラグメントのラジカルを安定化するのに十分な水素が石炭中にはないので、生成物は重質化してしまう。

したがって、石炭転化率をあげ、液状物質の収率を増大させるためには、なんらかの方法で外部から水素を熱分解フラグメントに供給しなければならない。最も一般的な水素供給法は、石炭粒子を高圧（～80気圧）の水素気流中で10000K/sの速度で加熱して分解する方法であり、迅速水素化熱分解法と呼ばれる。この方法ではベンゼン、トルエン、キシレン（BTX）などの有用化学物質とメタンが生成する。この方法は、



テトラリンで膨潤処理することにより、石炭の転化率は約12%、タール収率は原炭の最高2.3倍（42wt%）に増加する。

図-2 迅速熱分解の転化率、タール収率におよぼす溶剤膨潤前処理の効果

BTXなどの有用化学物質とメタンを併産するプロセスとし注目されているが、高価な水素を大量に必要とする点に問題がある。

それを避けるために三浦らは、石炭を250℃程度に加熱しながら水素供与性の溶剤で膨潤処理してから熱分解する方法を提案した。この処理によって、溶剤は石炭中に侵入して、溶剤分子径程度のマイクロ孔を押し広げて石炭を膨潤させると同時に溶剤分子は石炭の官能基との相互作用により、マイクロ孔内に緊密に保持される。このように膨潤した石炭を迅速熱分解すると、溶剤から発生する水素ラジカルが石炭フラグメントに効果的に供給されて、チャーに移行する重縮合反応が抑制される。その結果、液状物質の収率が増加することが期待できる。

オーストラリア産の褐炭をテトラリンで100℃で膨潤してから熱分解した場合と、原炭をそのまま熱分解した場合の褐炭の転化率と液状物質の収率を、熱分解温度を変化させてプロットした結果を図-2に示す。石炭を膨潤させることによって石炭の転化率は上昇し、さらにタールなど液状物質の収率は原炭のその約2.3倍、42%にも達した。この値は石炭液化の液収率に匹敵する値である。

溶剤で石炭を予め膨潤することは工業化を考えると少し煩雑になる。そこで溶剤を蒸気にして石炭と共にガス化炉に供給する方法についても検討したところ、この場合も液状物質の収率は増加することが見いだされている。

4.2 石炭の超臨界ガス抽出

臨界点を越える温度と圧力の領域では、流体は液体とも気体とも区別がつかない状態にあり、超臨界流体と呼ばれている。この超臨界流体は密度は常温の液体と同程度であるが、通常の液体に比較して、温度が高く、粘度は低く、拡散速度は大きい。また、これらの物性は圧力・温度によって制御できる。この超臨界流体は通常の液体と同様に液体抽出操作に利用されている。例えば、超臨界状態の炭酸ガスは低温(31℃以上)、無毒性、不燃性で腐食性もないから、コーヒー豆からカフェインを抽出する溶剤として実用化されている。これに対して従来の抽出法では、微量のハロゲン化炭化水素がコーヒーの中に残る危険性があった。

石炭に対しても、液体抽出法により有機化合物を抽出する方法があるが、超臨界流体を抽出溶剤に用いることが可能である。すなわち、石炭を加熱するときに

生成する石炭の軟化溶解物や熱分解反応によって生成した比較的軽質な成分を超臨界溶剤(炭化水素)中に溶解させて、熱分解の反応場からいち早く隔離することによって二次的な反応が抑制され、それらの中間生成物が安定化し、BTXやタールなどの液状物質の収率が向上する。溶剤としてテトラリンのような水素供与性の物質を用いると、熱分解で生成したラジカルに水素ラジカルが効果的に供給されて二次反応が抑制され、液状物質の収率が一層向上する。しかし、抽出物には雑多な物質が含まれており、その性状を改質する必要がある。その改質反応の反応溶媒に超臨界流体を用いると、通常の溶剤と比較して拡散速度が高く、かつ触媒表面へのコークの析出を制御できる利点が期待できる。

新井らは上記の観点に立ち、超臨界流体を石炭変換プロセスに総合的に導入することを試みている。彼らは、溶剤の圧力を上げると液状成分の収率が上がり、また接触時間はあまり長くないほうが液収率が高くなると報告している。また、超臨界流体抽出法から生成するチャーのガス反応性は通常のチャーに比較して高くなる場合が多いことも報告している。

通常の熱分解反応によって生成するガスおよび液状物質を直ちに固体触媒層に導き、改質する触媒の開発についても富田と松永が研究している。

4.3 高効率ガス化プロセスの開発

(a) 反応の低温化 現在、複合サイクル発電用のガ

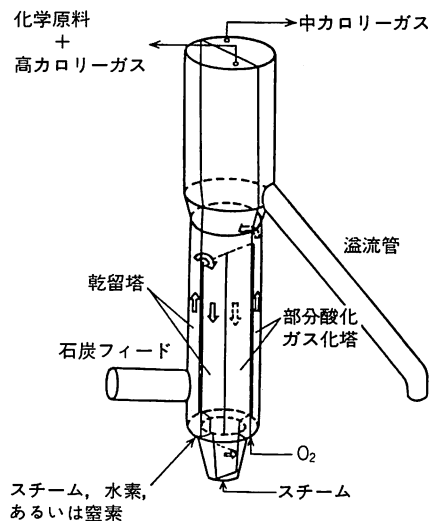


図-3 1塔4分割循環流動層ガス化反応装置

ス化反応装置では1500°C近くの高温の採用が想定されている。しかし、1200°Cを越えるとガス化反応は平衡状態に達し、反応生成物は一酸化炭素と水素だけからなるガスになるから、石炭のガス化の反応温度としては、1200°C程度で十分なわけである。つまり、実際のガス化反応装置では反応から決定される最適ガス化温度よりも数百°Cも高い温度が採用されていることになる。その最大の理由は、石炭に含まれている灰分を溶融してガラス状にして反応装置から取り出したいためである。通常、石炭中の灰分の溶融温度は1400~1500°Cであり、ガス化反応に要求される温度よりも高くなっているためである。したがって、もし灰分の溶融温度を下げることであれば、ガス化温度を下げることで可能になり、経済的なプロセスが可能になる。

この点に関して、平戸らは、石炭の中に10~20%ほど含まれている灰分に対して20%ほどの酸化鉄あるいは石灰石を添加すると、灰分の溶融温度が200°C程度も下がることを見いだした。この事実に基づき、石炭に酸化鉄、あるいは石灰石などをフラックスとして意識的に添加して溶融温度を下げることによって、ガス化温度も下げられることを検証した。現在NEDOのガス化の中間プラントを用いてその効果を検討中であり、実効が期待されている。

(b) 新しいガス化反応装置の開発 先に4種類のガス化反応装置を紹介したが、国井・古沢らは、図-3に示すように一台の流動層の内部を縦方向に4分割した1塔4分割循環流動層ガス化反応装置を提案している。図に示すように装置は乾留塔と部分酸化・ガス化塔に2分割され、それぞれがさらに流動層反応部と粒子が下降するパイプ部に縦方向に分割されている。

乾留塔部の底部に供給された石炭はそこで熱分解され、ガスとタールやBTXを発生すると同時にチャーを生成するが、そのチャーは乾留塔のパイプ部を下降して、部分酸化・ガス化塔の底部に着き、そこでチャーの一部は、装置底部から供給された酸素あるいは空気によって燃焼されるが、大部分のチャーは水蒸気によってガス化される。このときのチャーの燃焼熱が、吸熱反応であるガス化反応に必要な熱源になる。さらに、未反応のチャーと灰分は乾留塔に戻されるが、そのときに固体がもつ顕熱が熱分解反応に必要な熱源として有効利用される。灰分の一部は溢流管から系外に排出される。このようにして、チャーの部分燃焼によって発生した熱が、石炭の熱分解とチャーのガス化に有効に利用されており、反応装置としての熱効率が高めら

れている。

さらに、上牧らは流動層よりも粒径の大きな石炭粒子が用いられる噴流層をガス化装置として用いることを研究し、上下2段からなる新しい噴流層を開発している。下段噴流層の底部からガスを吹き込んで石炭粒子をガス化し、さらにその上段の噴流層で高反応率までガス化を進行させる二段粒子ジェット噴流層ガス化装置の性能が優れていることを確認している。

(c) CWMと脱硫 石炭をガス化炉に供給するときにはCWMが用いられている。石炭の濃度を高め、かつ安定な状態のCWMをつくるためには、石炭を均一粒径に粉碎するのではなく、二元的な粒系分布をもつようにすることが重要であることを、薄井らが見出ししている。

生成ガスから硫黄分を除く脱硫の問題は、環境保全の観点から非常に重要である。ガスの脱硫には乾式法と湿式法があるが、特に複合サイクル発電では、生成ガスの温度を下げることなくガス中の硫黄化合物を、除去・精製することが肝要であり、そのためには乾式脱硫法の開発が必要である。これに対して、笠岡らは400~500°Cにおいて、酸化鉄を使って生成したガスを高温状態で乾式脱硫する研究をした。

一方、菅原らは、水素化熱分解時に石炭中の硫黄分が水素と反応する形でその一部が除かれることを見出した。

(d) 炭種による石炭のガス化反応性の相違 石炭の炭種によってガス化特性が大きく異なる原因が、ガス化反応の機構との関係から解明され、石炭中のあるアルカリ金属、アルカリ土類金属などの鉱物質がガス化に対して触媒作用をもつことを著者らが明らかにした。

5. おわりに：地球環境時代の石炭利用技術²⁷⁾

本稿のはじめに述べたように、今後の世界のエネルギー需給を長期的に考えたときに、地球規模の環境保全に適合した石炭利用体系を確立していかなければならない。最近、エネルギー重点領域のB領域から、炭酸ガス問題に対する石炭研究班の対応と題する報告書を刊行した。以下に、その報告書中で提案されている対応策をいくつか挙げて、本稿の結びとしたい。

(1) 炭酸ガス発生量の低減を先ず考えねばならない。それには省エネルギーを世界的規模で積極的に進めることが現時点では最も効果的な炭酸ガス発生量の低減対策である。石炭について言えば、既存の石炭利用技術の熱効率を向上させることが有効である。例えば、ガ

ス化複合発電で期待されている発電効率を確実に実現するための未解決の要素技術がまだ残されている。

(2) 石炭利用プロセスの複合化によって総合的な熱効率の向上が可能である。たとえば、石炭に含まれる有用成分の回収や高付加価値製品の併産を組み合わせた総合的な石炭有効利用プロセスの開発を進めるべきである。

(3) 発展途上諸国からの炭酸ガス発生量は現時点では先進諸国の半分以下であるが、途上国の人口増加とともに食糧増産のための焼き畠農業の拡大ならびに燃料としての薪需要の急増のために森林破壊が急速に進行している。そのために今後は発展途上国からの炭酸ガス発生量が増加していくであろう。人口増加の著しいアジア、インド、アフリカ大陸には石油資源は乏しいが、石炭資源がある。そこで、それを活用する小・中規模、分散型の簡便な石炭転換技術の開発とプラント建設に対する資金援助と技術指導が要請される。それによって途上国の生活水準が向上し、人口増加が低減し、さらに森林破壊に歯止めがかかる利点が期待できる。

(4) 省エネルギーに努めても化石燃料を使用する限り炭酸ガスの発生は避けられない。抜本的な解決法としては、炭酸ガスの回収してそれを資源化するか、大気

圏以外に廃棄することが必要になる。炭酸ガスの資源化のためには水素が必要であり、その水素をどの様にして得るかが問題である。新しい化学反応の発見が待たれる。

現時点では、残念ながら抜本的な炭酸ガス問題に対する解決策はないが、炭酸ガス排出の低減につながる方策を一つづつ実行に移して行くことが必要である。

参考文献

- 1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(編) ; ニューエネルギー (1989), 電力新報社.
- 2) 橋本健治; 多様なエネルギー資源の利用, 日本機械学会誌, No.1(1991), 46~51.
- 3) 吉田宏, 井出学; 新エネルギー技術(1986), 森北出版.
- 4) 橋本健治(編)文部省科学研究費補助金, 重点領域研究エネルギー変換と高効率利用, "多様なエネルギー資源の利用"研究成果報告書(1990).
- 5) 三浦孝一, 前一広, 橋本健治; 石炭の効率的な水添による熱分解反応制御の試み, 燃料協会誌, 69巻, 8号(1990), 721~725.
- 6) 橋本健治, 真田雄三(編) ; 文部省科学研究費補助金, 重点領域研究, エネルギー変換と高効率利用, "地球環境時代における石炭利用技術-CO₂問題に関する石炭班の対応-"研究調査報告書(1991).
- 7) 志鷹義明, 遠藤元治; 化石燃料の資源量と炭酸ガス問題, 燃料協会誌, 70巻, 1号(1991), 51~61.

