

ChemENG 2

Tokyo Institute of Technology Chemical Engineering

OCT
2007



唯一無二の 自分のメガネをかけよう



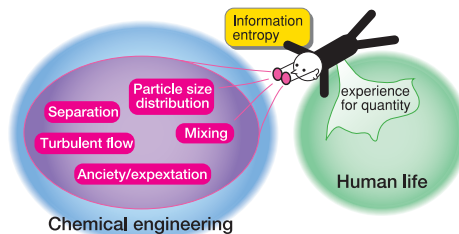
大学院理工学研究科
化学工学専攻

教授
小川 浩平

あなたはメガネをかけていますか?どのようなメガネですか?近視とか遠視とか乱視のメガネのことではありませんよ。物事を視るときのメガネのことです。例えば、常に物事を性善説で視る、性悪説で視るというような性善説、性悪説のようなメガネです。ここで私が言うメガネはそのようなメガネともちょっと違って、エンジニアとしてのメガネです。エンジニアとしてのメガネ、あなたはどのようなメガネをかけていますか?そのメガネで視ると化学工学はどの

ように視えますか?視ている現象/操作がそれぞれ昔ながらの熱移動、混合、分離、反応などの現象/操作、ごとに全く別々のものに視えていませんか?隣の彼、彼女のメガネと同じように視えていませんか?もしそうだとするとそのメガネはあつちえ直した方がいいかもしれませんよ。皆さんが他のエンジニア/サイエンティストと議論するとき、あなたはあなたがかけているメガネで視たことに基ついで意見をいうこととなります。旧態依然とした像しか見えないメガネ、隣の彼、彼女と同じ像しか見えないメガネを通して視たことに基ついた意見しか言えなかったとしたら、相手はあなたをどのように評価するでしょうか?一貫した視点のない奴、教科書的な奴、便覧的な奴と酷評されることは確かですね。相手にこいつは一級品と唸らせるためには、旧態依然とした像しか見えないメガネ、隣の彼、彼女と同じ像しか見えないメガネではなく、誰も持っていないあなたの個性溢れる1個のメガネを通して視

えたことに基ついた意見が必要です。言い換えると、「視る対象に左右されない一貫した視点に立った意見」が必要ということです。東工大の化学工学専攻、化学工学科はそういった「視る対象に左右されない一貫した視点に立った意見」を言うことができるようにするメガネを調達できる教育の場を提供しています。誰も持っていないあなたの個性溢れる1個のメガネを調達するために、さあ、頑張りましょう。内緒ですが、実は私もようやく私なりのメガネを調達できたかなと思ひ始めたところです。



TOPICS

バイオガソリンの行方

Written by: 瀧野 哲郎

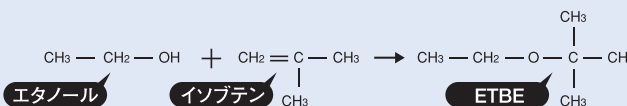
京都議定書の第一約束期間(2008~2012年)の批准に向けて、植物由来のバイオエタノールをガソリンに混合するバイオガソリンの利用が目目されている。これは、京都議定書により、その成長過程でCO₂を吸収して育つ植物による燃料(バイオマス燃料)は、CO₂の発生源から控除できるとの取り決めによるものであり、産業界の省エネルギーが進んでいる日本においては、運輸、民生からのCO₂削減が議定書批准の鍵を握る。このため、バイオガソリンの導入は、日本の切り札と考える向きがある。

エタノールをガソリンに添加する方法には、現在二通りの方法が考えられている。一つは、米国や中南米などが実施する、ガソリンにエタノールを直接混合するやり方であり、もう一方はバイオエタノールとイソブテンを反応させて得られるバイオETBE(エチルターシャルブチルエーテル)としてガソリンに混合するやり方である。現在、実証・実施に向けてさまざまな取り組みが行われているところであり、このうち石油元売各社が属する石油連盟では、2007年4月より、ETBE混合レギュラーガソリンの一般消費者向け試験販売を、首都圏のサービスステーションで開始している。この取り組みに対する経緯や将来的な課題について、石油学会誌(PETROTECH)9月号に掲載されており、ここで紹介することとする。この試験出荷では、フランスよりバイオETBEを購入し、製油所にて混合の上ローリー出荷をしているが、2010年の全国への本格導入までには、ETBEの国内生産の導入を目指しているという。バイオエタノールの直接混合ガソリンの場合、水分が混入するとガソリン中のエタノールが水相に吸収され相分離を起こす。高温多湿の日本では、内航船等での輸送段階での水分の混入が懸念されるため、直接混合では、サービスステーションにガソリンを供給する直前に混合を実施することとなり、流通系の変更が必要となる上、品質管理が難しくなる。しかし、ETBEの場合には水分による相分離の問題がないため、工場出荷時にバイオETBE混合ガソリンとして出荷できる。ETBE製造装置、混合装置に設備コストがかかるものの、流通系のインフラを現状のまま利用できる上、品質を石油元売各社が直接管理できるというメリットを有する。これが、石油連盟がバイオエタノールの直接混合よりもETBEとしてガソリンに混合すること

を目指す一つの理由のようだ。

しかし、バイオエタノール直接混合にせよ、バイオETBEとして混合するにせよ、最大の問題はバイオエタノールの調達にある。バイオエタノールの導入を検討している国々は、国内の農業資源の有効利用の観点から導入の促進を行っており、日本のように当初からほぼ全量を輸入によって必要量を確保しようとする国はないとのことだ。この状況は、安定供給や安全保障上の問題を含んでいるほか、相手国の農業資源の需給バランスを崩す恐れもある。従って国産燃料用バイオエタノールの確保が急務である。しかし、中南米で既に問題が顕在化しているように、穀物やトウモロコシなどを、バイオエタノール原料とした場合、食料との間での競合が起こり、食糧価格を押し上げることになりかねない。このことから日本では建築廃材、製品廃材、林地残材、間伐材など木質原料からのバイオエタノールの供給に期待をする向きもあるが、バイオエタノール供給ポテンシャルとしては期待できるものの、現状ではコストが高く、今後、物流を含めて大々的な革新に期待をせざるを得ないのが、現状のようである。

製造反応式



Laboratory Now

アルギン酸の微生物生産

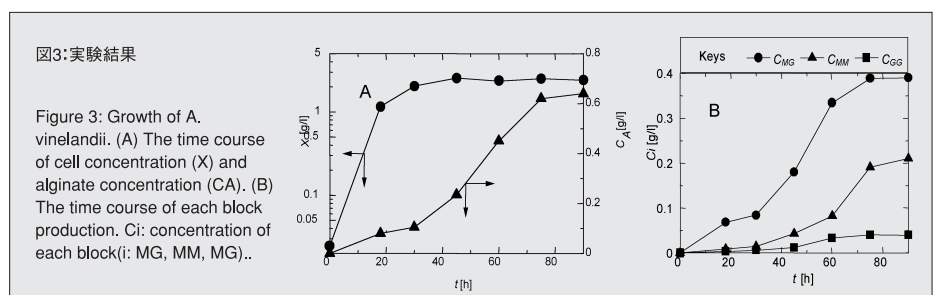
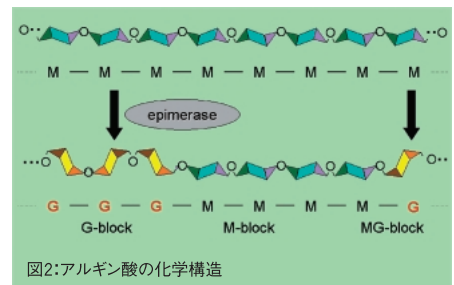
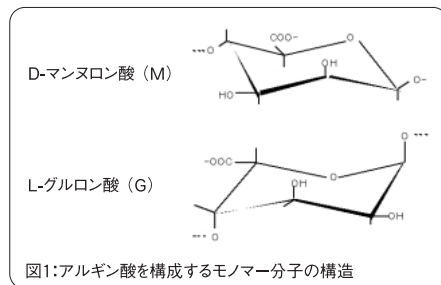
Written by: 浅見 和広

アルギン酸というバイオポリマーの生産に関する研究内容を簡単に紹介します。天然多糖類アルギン酸は、D-マンヌロン酸 (M) と L-グルロン酸 (G) をモノマー単位とする生体高分子共重合体です (図1を参照)。分子内にはM結合のみからなる部分【Mブロック】と、G結合のみからなる部分【Gブロック】、MとGが交互に配列した部分【MGブロック】を持っています (図2を参照)。アルギン酸は今日、ゲル化剤として食品、医科学関連材料などの分野に多用されています。現行の工業アルギン酸は海洋性藻類から抽出されていますが、栽培は地域的制約、天候変動の影響を受けやすく、さらに高分子内モノマー構成比も海洋環境に大きく依存するために、用途開発研究の展開は極めて制約されたものとなっています。

現在研究室では細菌 *Azotobacter vinelandii* を用い、生成アルギン酸のMとGのモノマーの配列を制御することを目的とし、MからGへの反応を触媒する酵素エピメラーゼ (epimerase) に着目して、アルギン酸の生合成反応特性、および培養条件の変化

が菌体外生成物アルギン酸のモノマー配列に及ぼす影響について解析しております。結果の一例を示しますと、菌体増殖とは非連動的なアルギン酸生産が見られました (図3A)。アルギン酸のゲル化能力を決めるGブロック濃度は増殖停止期に増加すること

がわかりました (図3B)。高付加価値の医療用アルギン酸を生産する上ではGブロック率を高めることがひとつの目標となります。さらに培養条件を種々検討したり、将来的には遺伝子操作による生産能力増強を図ろうと考えています。



Chemical Engineering World

なぜ皆あんなに燃えたのか?

(株)クレハ 取締役専務執行役員
Written by: 重田昌友 (1968年卒)

千葉の富士石油袖ヶ浦製油所内にユリカプロセスという重質残渣油 (アスファルト) から付加価値の高い分解油と冶金用高品質バインダーピッチを製造する熱分解設備が稼動しています。そこは、私が33年前に現会社に入社2年目から約5年間、建設、試運転、技術管理として働いたところです。その技術は、基本技術とパイロットによる実証試験を当社が、製品評価をそれぞれ製油会社、鉄鋼会社で担当して生み出されたもので、当時、海外技術導入が圧倒的に多い石油精製業界において数少ない国産技術導入の成功例といえます。ちょうどオイルショックの直後で、石油の有効利用の必要性が高まった社会的背景もあり、業界を超えた協力の賜物といえます。35年経過した現在、地球温暖化問題や石油高騰などで重質油の利用効率の向上を求める要求はさらに高まってきており、石油に限らず、オイルシェール、オイルサンドへの応用も見込み、本プロセスの価値が見直されるのではないかと、本開発に関与できた私としては期待も含めて少なからず誇りに思っているところです。

当時のプロセス開発部隊には2つの大きな課題を抱えていました。1つはプロセス上の問題、もうひとつ

は開発遅延が許されなかったことです。

プロセス開発における最大の障壁は、高温下で形成するコーキの付着と成長いわゆるコーキングにより長期安定運転が阻害されることでした。商業プラントの経済性に直結するゆえ必ず解決しなければならぬ課題でした。化学的、物理的、機械的、考えられるあらゆる手段を試行し、本プラント建設に何とか間に合わせましたが、試運転において結局コーキング問題でつまづくことになりました。巨大なコーキ塊が音をたてて反応器内に落下し、プロセスの各所で閉塞現象を起こし、何度となく運転停止を余儀なくされ、膨大な熱ピッチを系外へ“ドバツ”と直接抜き出すというきわめて危険で“超法規的な作業”を何度か繰り返さざるを得ない状況に追い詰められたものです。しかし、関係者の決死の行動と多くの英知の結集で改善を進めることによって、約3ヶ月後には安定運転の見通しがたち、現在のプロセスの原型を完成することができました。

1976年2月、完成したばかりの巨大なピッチ倉庫の真っ白なセメント床に向かって、約30m上方から真っ黒いフレーク状のピッチがばらばらと落下し、瞬間に小山を形成した時、関係した皆の苦勞が報われた一瞬でした。31年経過した今でも鮮明に脳裏に浮かびます。

そのときの責任者の一人が最近、「なぜ皆あんなに燃えたのか?」ということを振り返り、その理由に、“天下に役立つ技術であるという自負”、“五味新

平 (当時当社副社長) という傑出したリーダーの存在とその貫徹精神”、“期限が最初から決まっていた”、“皆若かった”、ということを言われていました。私も、そのとおりであると思います。

その後、私はクレハに戻り、研究開発、営業、新規事業、情報システム等の業務に従事しましたが、大学で化学工学を学んだこととユリカ時代で経験したことが私にとっての原点であり、今もそのことを大切にしています。



完成直後のユリカプラント (現在も稼働中)



*重田昌友氏は現在、化学工学専攻および化学工学科化学工学コースの同窓会組織である『化工会』の会長です。1933年の卒業生に始まる化工会の会員数は約2200名に達し、OB・OGの方々は化学産業のみならず様々な分野で活躍されています。



学生の声

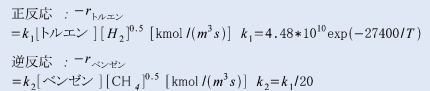
化学工学会学生コンテストに参加して

Written by: 洲野研究室 杜澤 裕

化学工学会第39回秋季大会にて開催された第6回ソフトウェアツール・学生コンテストプロセス設計部門へ参加しました。コンテストでは与えられた反応条件などに基づき、プロセスシュミレータを用いて、いかにコストの低いプロセスを論理的に構築したかを競いました。

設計課題はトルエンの脱アルキル化プロセスの設計で、次のような反応式と反応速度式が与えられています。

トルエン + H₂ ⇌ ベンゼン + メタン

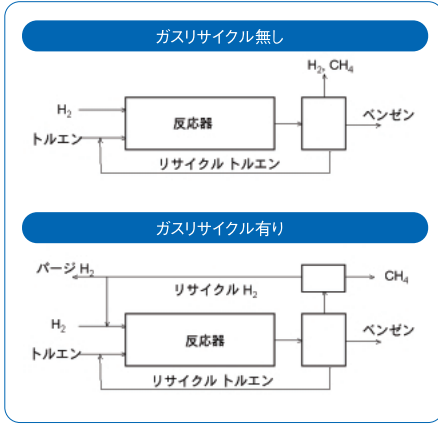


さらに触媒劣化を防ぐために反応器内の温度は750℃以下にしなければならないという制約条件が与えられています。

プロセス設計の意思決定では、制約条件を意識しつつ、コストの支配的になる箇所から構造を決定していく手法を用います。今回のコンテストでは、大きく4段階に分けてプロセス構造を決定しました。

(1) リサイクル構造の決定

化学プロセスでは製品の回収率を高めるために未反応の原料をリサイクルして再び原料として使用することが不可欠となります。リサイクル構造は反応の制約条件や、反応器出口成分の分離可能性に依存します。ここでは製品ベンゼンと原料トルエンが、最もオーソドックスな分離方法である蒸留で分離可能であることや、可逆反応であることを考慮すると、ガスリサイクル有り無しの場合のブロックフローダイアグラム (BFD) はそれぞれ次のようなものが考えられます。



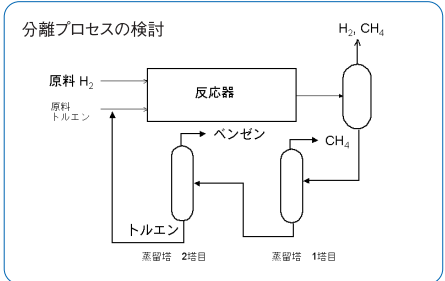
与えられた制約条件の下では、ガスリサイクルの設置の有無は反応器でトルエンと水素のどちらを過剰にした場合に反応速度が有利になるかで決めることができます。そこで反応速度を反応器入口でのトルエン/水素の比を変数として解析した結果、トルエン過剰の方が速度的に有利になることが分かったためガスリサイクル無しの構造を選択しました。

(2) 反応条件の最適化

原料コストは運転コストに対して最も支配的になるのでガスリサイクル無しのBFDを選択した場合、未反応の原料水素の損失を最小限に抑える必要があります。この段階では、それが達成可能となる反応器入口でのトルエン/水素の比の解析を行い、反応器コストと未反応水素の損失コストのバランスから最適な反応条件を決定しました。

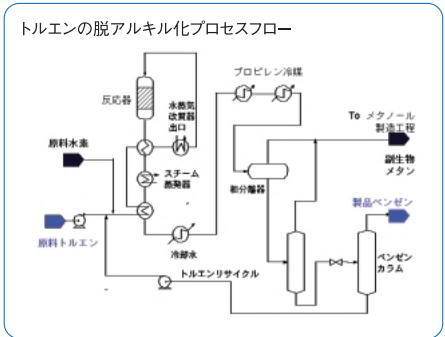
(3) 分離プロセスの検討

この段階では、指定された製品ベンゼンの回収率を達成するような分離プロセスを設計するために、反応器出口でのフラッシュ温度の最適化や蒸留塔のシーケンスの検討を行いました。その結果、まず反応器出口のフラッシュドラムで気体側のH₂とCH₄を分離し、蒸留塔の1塔目では不純物として液体側に入り込んだCH₄を除去し、2塔目では製品ベンゼンとリサイクルトルエンを分離するプロセスに決定しました。



(4) 熱回収の検討

プロセス内の高温流体と低温流体の間で熱交換をうまく行えば省エネルギーを達成するプロセスが設計できます。グランドコンボジットカーブなどの最適な熱回収を検討するための理論を用いて、熱交換器のユニット数を抑えながら、必要な外部エネルギー量を最小にする熱交換器網を設計しました。ここで決定した反応器まわりの熱交換器などを加えて、最終的に設計したトルエンの脱アルキル化プロセスフローは次のようになりました。



コンテスト本番ではこれらの設計の過程や結果についてプレゼンテーションを行い、優秀賞を受賞することができました。プロセス設計では化学工学のあらゆる分野の知識を有機的に用いることが必要となります。今回のプロセス設計コンテストを通じて、これまで学習してきた様々な内容の実践的な使い方やそれぞれの理論の関連性への理解を深めることができ、化学工学の面白さを改めて体験することができたので大変満足しています。



サイエンスワンポイント

暑かった夏、長期予報がハズレたのはなぜ？ カオス、非線形現象の不思議

Written by: 吉川 史郎

ようやく秋らしい毎日がやってきたが、それにしても今年の夏の暑い暑い毎日は何だったのだろうか、気象庁の予報によればそれほど暑くない夏になるはずであった。たしかに7月中は梅雨も明けず、今年は夏らしい日々がもう来ないのか、とむしろ嘆いていたものだ。ところが8月に入って梅雨が明けたとたんにあの暑さである。おそらく皆さんも苦しんだことだろう。ところで、なぜ長期予報がハズレたのだろうか。気象庁は何をやっているのだろう、と思った人も多いと思う。高性能のコンピュータを駆使しているはずなのになぜだろうか。今回は多少気象庁を弁護するという立場からそのあたりのお話をしたいと思います。



P.4へ



気象予報は大気の状態の予測である。大気の状態とは、地球を取り巻く空気の流れる速さと圧力そして温度、湿度などがどのように変化しているかということをしてさしている。それらを予測するためには空気の流れの運動方程式などを解くことが必要となる。一般的に流体の満足する運動方程式には速度 u とその微分の積である $u \cdot du/dx$ といった項が含まれる(少し面倒そうだが、いましばらく辛抱)。運動方程式は速度を求めるための式であるから、もちろん u は未知の関数である。 u が未知であるから du/dx もまた未知の関数である。 $u \cdot du/dx$ のように未知の関数同士の積を非線形項といい、それを含む式を非線形微分方程式という。次に非線形微分方程式を解くとどのような結果になるかその一例を見てみよう。流体の方程式は簡単に解けないので、次の式をとりあげることにする。

$$\frac{dx}{dt} = -10x + 10y, \quad \frac{dy}{dt} = -xz + 28x - y, \quad \frac{dz}{dt} = xy - \frac{8}{3}z$$

x, y, z が未知関数であるから xz, xy などが非線形項である。この方程式の解は (x, y, z) の値の組み合わせ

が時間に対してどのように変化するかを表す。 x 軸、 y 軸、 z 軸の三次元座標に方程式の解である (x, y, z) の組み合わせを表わす点を描くと図1のようなになる。上の方程式の規則に従って、8の字が変形したような、あるいは蝶のような幾何学模様が描かれている。方程式の解のグループを表わすこの図形をアトラクタという。このようなきれいな模様の中に解が入ってくるのであれば長い時間が経過した後の x, y, z の値の予測は簡単なように思える。そこで次は3つの関数のうち x の時間 t に対する変化のグラフを見てみる。図2(a)は最初、つまり $t=0$ のとき $x=1$ としたときの計算結果であるが、規則性があるような、ないような微妙な変化をしている。このように方程式の規則に従ってアトラクタというきれいな模様を描きながらも、奇妙な変化をするのがカオスである。カオスには最初の値が少しでも違うと結果が大きく異なってくるという特徴がある。図2(b)、(c)の青の曲線は $t=0$ のとき $x=1$ とした場合、緑の曲線は $x=1.001$ とした場合の結果だが、 t が7を越えたあたりから全く異なる変化を示している。(c)に示されるように t が50以上になると時間に対する変化の様子はほとんど一致していない。

最初の値がわずか千分の一違っただけでこんなに大きな差が出てくるのである。気象予報にあてはめると、予測のときに最初に設定する気流の速さ、圧力がわずかに違っただけで予測の結果が実際と一致なくなるということになる。もちろん実際の気象予報はここで示したような単純な方法で計算しているわけではなく、数多くのデータを用いて信頼性のより高い方法に基づいているのだらうと思う。それでも大気の動きが本質的に非線形方程式に支配されている限り予測を100%当てることは難しいのである。なお、今回取り上げた方程式は気象学者ローレンツが大気の動きの計算の式から導いたローレンツ方程式である。また、図1はローレンツアトラクタと呼ばれる。カオスに関してはスペースの関係でこれ以上詳しく書けないが、参考になる本は多数出版されているので、読んでみてほしい。

もうしばらくすると冬の長期予報が発表される。寒い冬が嫌いな私は気象庁を弁護する気持ちを持ちながらも、実はひそかに厳しい冬という予報が出ることを祈っているのである。☞

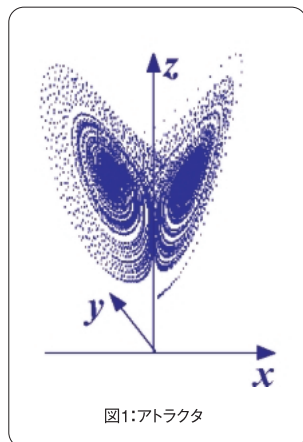


図1:アトラクタ

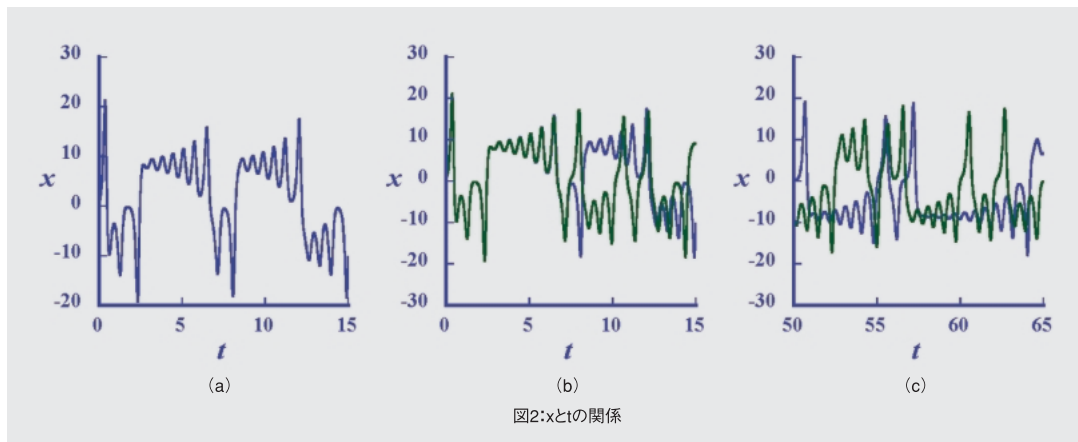



図2:xとtの関係



Information

お知らせ

今月27・28日に行われる工大祭に化学工学専攻も参加します。

コース&専攻説明会、パネル展示、面白デモ実験などが予定されています。場所は南実験棟4です。

今年9月の化学工学会第39回秋季大会にて行われた第6回学生ソフトウェア・ツールコンテストにおいて、以下の2名が表彰されました。

- プロセス設計部門 優秀賞 杜澤 裕(淵野研修士1年)
- 一般ソフトウェア部門 審査員特別賞 木暮 広道(黒田研修士1年)



東京工業大学大学院理工学研究科
化学工学専攻
<http://www.chemeng.titech.ac.jp/index.htm>

<http://www.chemeng.titech.ac.jp/>

【ChemENGニュースレターに関するご意見、ご要望、お問い合わせは、下記までお願いします。】
ChemENG編集委員会 E-mail: newsletter@chemeng.titech.ac.jp Phone: 03-5734-2475

