

2.2 米国化学工学会 / CCPS の教育プログラム SChE

2.2.1 はじめに

本学の安全工学教育に活用する可能性を探るため “米国化学工学会の”化学プロセス安全センター(CCPS)”の大学・大学院(化学工学科)での教育用に構築している SChE(The Safety and Chemical Engineering Education)を調査した。

SChE の大学会員は、現在、米国を主に 215 にも達しており、ネットワークを通じて世界で利用することができる。ミシガン州デトロイト市にある Wayne State University 化学工学科では、SChE 資料の “Process Safety Course Presentations (power point presentations), D. Crowl and S. Mannan, 2010” と、そのベースとなった教科書の “Chemical Process Safety Fundamentals with Applications, 3rd ed., Pearson Education, Inc., 2011” を、プロセス安全教育に使っていると、J. Louvar 教授は報告している。

以下、化学プロセス安全協会 (CCPS) の SChE、および 9 月末に実施した米国における安全工学教育の調査結果について報告する。

2.2.2 米国化学工学会 / CCPS の教育プログラム SChE について

米国化学工学会が出版する雑誌 “Process Safety Progress” に SChE が紹介されており、関連する 3 つの文献を労衛安全衛生総合研究所の図書館で入手し、調査した。

SChE の大学会員数は、1996 年には 89 大学であったが、2001 年には 123 大学となった。その内訳は、米国 102 校、カナダ 12 校、それ以外の国が 9 校である。現在、ホームページで公

開している大学会員数は 215 大学であり、その内訳は、米国 174 校、カナダ 18 校、それ以外の国 23 校と増加していることがわかる。

SChE の資料には PDF や Word の資料だけでなく、パワーポイントやビデオ教材も含めて 54 件あり、多数の大学が会員となっており、その有効性が認められている。

2013 年 9 月 24 日、ニューヨークのオフィスにおいて Scott Berger センター長 (Executive Manager) を訪ね、SChE の利用許諾を得た。なお、その後、CCPS アジア地区マネージャーから SChE をアジアで公開する予定であると同った。

2.2.3 SChE の内容

SChE は、安全・化学工学専攻の学生だけでなく、機械工学、化学、マテリアルサイエンスを専攻する学生や、現場での、プロセス安全教育に役立つ内容になっている。

以下に、SChE 資料の 9 テーマ別の分類を示す(図 2.2.1 参照)。

材料 / エネルギーバランス(基礎編) ;

(例) “Solutions to Student Problem Set Volume 1”, 2006: “A Process Safety Management (PSM) Overview”, 2012: “Student AIChE 2002 Design Problem Solution”, 2006 等

伝熱 ;

(例) “Seveso Accidental Release Case History”, 2008: “Case History: A Batch Polystyrene Reactor Runaway”, 2011: “Mini-Case Histories”, 2003 等

熱力学 ;

(例) “Chemical Reactivity Hazards”, 2005: “Solutions to Student Problem Set Volume 2”,

2006: “Rupture of a Nitroaniline Reactor”,
2007 等

プロセスコントロール ;

(例) “Solutions to Student Problem Set
Volume 2”, 2006: “Rupture of a Nitro-aniline
Rector”, 2007: “Solutions to Student Problem
Set Volume 1”, 2006 等

設計 ;

(例) “An Inherently Safer Process
Checklist”, 2013: “Inherently Safer Design”,
2006:
“Inherently Safer Design Conflicts and
Decisions”, 2008 等

流体の流れ ;

(例) “Solutions to Student Problem Set
Volume 2”, 2006: “Consequence Modeling
Source Models I: Liquids & Gases”, 2004:
“Compressive and Two-Phase Flow with
Applications Including Pressure Relief
System Sizing”, 2011 等

物質移動 ;

(例) “Solutions to Student Problem Set
Volume 2”, 2006: “Mini-Case Histories”,
2003: “Metal Structured Packing Fires”, 2004
等

化学反応 / 動力学 ;

(例) “T2 Runaway Reaction and Explosion”,
2012: “Dow Fire and Explosion Index
(F&EI) and Chemical Exposure Index (CEI)
Software”, 2011: “Runaway Reactions–
Experimental Characterization and Vent
Sizing”, 2005 等

研究室内の安全 ;

(例) “Project Risk Analysis (PRA)”: Unit
Operations Lab Applications, 2009:
“Improving Communication Skills”, 2004:

“Introduction of Biosafety”, 2005 等

2.2.4 年度別の分類

SACHe は、最近、システムを変更して米国の
大学生に無料配布されるようになった。大学で
の安全教育資料を作成する計画は 1985 年に
始まり、1992 年から具体化し始めた。現在、イン
ターネットで利用できる最も古い資料は 2003 年
の 4 件だが、2013 年に 1 件追加されたので、
合計 54 件を利用することができる。

2003 年～2013 年までの 11 年間、年度別のタ
グを選び、ダウンロードすることができる。個別
の資料のタイトル、年度、利用数を表 2.2.2 に
示す。

2.2.5 資料形態毎の例

SACHe は、ビデオ、パワーポイント、PDF など
で利用することができる。それぞれ資料を例示
する。

ビデオ資料の例:

SACHe は、4 つのビデオ資料を利用できる。
特に BASF 社で撮影したビデオはダウンロード
数が多く貴重なものと思われる。

a) ”Safety in the Chemical Process Industries”, 2006

これはダウンロード数が 2082 件(2013 年 9 月
初旬)と、最も多い資料。ミシガン州の
Wyandotte にある BASF 社が自社設備を使い、
化学プロセス産業の安全について撮影した
ビデオ 12 本、および指導ガイド、学習ガイドから
なる。

- InstructorsGuide.pdf (2.51MB)
- SafetyTutorialVideoLinks.pdf (0.01MB)

- StudyGuide.pdf (2.6MB)

ビデオフィルム(Safety Tutorial Video)は、アーカンソー大学に張られたリンクを通して配信されている。PDF ファイルをクリックすると、次の項目が現れ、再度、クリックしてビデオを見ることができる。

DVD 1; Section 1	Introduction to Series
DVD 1; Section 2	Introduction to Corporate Safety
DVD 1; Section 3	Laboratory Safety and Inspections
DVD 1; Section 4	Personal Protective Equipment
DVD 2; Section 1	Process Area Safety Features
DVD 2; Section 2	Process Area Safety Procedures
DVD 2; Section 3	Process Area Inspections
DVD 3; Section 1	DIERS and Vent Sizing Package (VSP)
DVD 3; Section 2	Dust and Vapor Explosion Apparatus
DVD 4; Section 1	Informal Safety Reviews
DVD 4; Section 2	Introduction to Formal Safety Reviews
DVD 4; Section 3	Formal Safety Review

b) "Dust Explosion Prevention and Control", 2006

この資料も、ビデオ、パワーポイント、PDF かなる。パワーポイントで粉塵爆発の構成要因などの説明、その後の粉塵爆発の結果を読むことができる。ビデオには 2 種 (Deadly Dust II, Deadly Dust III) あり、前者は 1980 年代に作成した粉塵爆発を予防する方法について述べたビデオで、後者は 2000 年代に収録した粉塵爆発の被害に関するビデオである。

- Dust DVD Streaming Video Links.pdf (0.01MB)
- Dust Section 1.ppt (1.12MB)
- Dust Section 3.ppt (1.78MB)
- Dust Text.pdf (0.15MB)

c) "Static Electricity I – Everything You Wanted to Know about Static Electricity", 2007

静電気の危険性に関する基礎的な説明資料である。1 時間の講義用のパワーポイントでは、ビデオ(AVI ファイル)とリンクし、わかり易く説明している。

- GasFireClip02-1304.avi (1.66MB)
- StaticFinal.doc (0.06MB)
- StaticFinal.ppt (0.5MB)

d) "Safe Handling Practices: Methacrylic Acid", 2010

アクリル酸モノマーの取り扱いについて Rohm & Haas 社の事例に基づき記載している。

"Acrylic Monomer Handling" は、Rohm & Haas 社の安全教育資料で、"European Bulletin" は、欧州でのメタクリル酸の安全作業マニュアルである。1988 年 7 月 22 日に発生したメタクリル酸積載タンク貨車の事故ビデオ (7 分) が含まれている。

- Tank_Car_Video.docx (0.02MB)
- Acrylic_Monomer_Handling.ppt (2.86MB)
- European_Bulletin.pdf (0.66MB)
- International_Safety_Card.pdf (1.86MB)
- MSDS.pdf (0.06MB)
- R&H_Article.pdf (0.62MB)
- SACHE_Product_Introduction2009.pdf (0.05MB)

パワーポイント資料の例:

パワーポイント資料は多数あるが、次の2つを紹介する。

a) "Process Safety Course Presentations", 2010:

このパワーポイント資料は、SChE でダウンロード数は2番目で、10年以上、ミシガン工科大学の D. Crowl 教授とテキサス A & M 大学の S. Mannan 教授の講義に使われているとのことであった。また、プロセス安全の教科書である "Chemical Process Safety Fundamentals with Applications, 3rd ed., Pearson Education, Inc., 2011" の概要 (毒性、産業安全衛生、ソースモデル、大気拡散、火災・爆発、火災・爆発に対する予防設計、レリーフバルブシステムの導入、レリーフバルブの大きさ、ハザードの特定、リスクアセスメント、事故調査など) を約 30 種のパワーポイントで説明している。

<D. Crowl 教授>

- Ch01_Introduction_Crowl.ppt (2.78 MB)
- Ch02_Toxicology_Crowl.ppt (0.31 MB)
- Ch03_IndustrialHygiene_Crowl.ppt (2.59 MB)
- Ch04_SourceModel1_Crowl.ppt (0.52 MB)
- Ch04_SourceModel2_Crowl.ppt (0.51 MB)
- Ch05_DispersionModels_Crowl.ppt (0.6 MB)
- Ch06_FiresExplosions1_Crowl.ppt (4.4 MB)
- Ch06_FiresExplosions2_Crowl.ppt (3.63 MB)
- Ch07_DesignForPrevention_Crowl.ppt (2 MB)
- Ch08_ReliefIntro_Crowl.ppt (4.52 MB)
- Ch09_ReliefSizing_Crowl.ppt (0.71 MB)
- Ch10_HazardIdentification_Crowl.ppt (0.89 MB)

<S. Mannan 教授>

- Ch01_Introduction_Mannan.pptx (0.36 MB)
- Ch02_Toxicology_Mannan.ppt (2.18 MB)
- Ch03_IndustrialHygiene_Mannan.ppt (0.83 MB)
- Ch03_Regulations_Mannan.ppt (0.82 MB)
- Ch04_SourceModels1_Mannan.ppt (2.99 MB)
- Ch04_SourceModels2_Mannan.ppt (0.81 MB)
- Ch05_DispersionModels_Mannan.ppt (2.63 MB)
- Ch06_FiresExplosions_Mannan.ppt (1.76 MB)
- Ch06_FiresExplosions_Mannan.ppt (1.76 MB)
- Ch07_DesignForPrevention1_Mannan.ppt (0.85 MB)
- Ch07_DesignForPrevention2_Mannan.ppt (1.1 MB)
- Ch08_ReliefIntro_Mannan.ppt (2.86 MB)
- Ch09_ReliefSizing_Mannan.ppt (1.59 MB)
- Ch10_HazardIdent1_Mannan.ppt (1.69 MB)
- Ch10_HazardIdent2_HAZOPS_Mannan.ppt (2.69 MB)
- Ch10_HazardIdent3_HAZOPexample_Mannan.ppt (0.79 MB)
- Ch11_RiskAssesment1_Mannan.pptx (0.88 MB)
- Ch11_RiskAssesment2_Mannan.pptx (1.01 MB)

b) "A Process Safety Management (PSM) Overview", 2012:

ダウンロード数は3番目(表2.2.2:1125件)の資料。米国労働省労働安全衛生局 OSHA の法規制である PSM について解説したもの。

- PSM Overview - Part 1.pptx (0.46MB)
- PSM Overview - Part 2.pptx(0.40MB)
- PSM Overview Handouts.pdf(0.47MB)
- PSM Overview Lecture Notes.docx(0.05MB)

PDF 資料などの例:

次の2つの資料を例示した。

a) "Solutions to Student Problem Set Volume 1", 2005:

化学プロセスの安全・ヒト健康・漏えいを対象にして、大学生の講義用に作成した資料である。1990年、CCPSで作成し、大学には無料、企業には有料で配布されており、電子化して SACHE で取り上げた。90課題に対し、工学的考え方に基づいて検討しているの、企業での新入社員教育にも適切であるとのこと。

- SACHE Problem Set –Instructor’s Manual.pdf (14.82MB)
- SACHEProblemSetVol1.pdf (15.39MB)

b) "Solutions to Student Problem Set Volume 2", 2005:

2002年、SACHEの大学会員のため、化学プロセスの安全・ヒト健康・漏えいに関作成した資料を、電子化して SACHE で取り上げた。化学量論、熱力学、流体メカニズム、動力学、熱移動、プロセスの動的特性および制御、コンピュータ解法、物質移動などが関係している218課題に

対し、工学的考え方に基づいて検討している。

- SACHEProblemSet081402.pdf (0.81 MB)
- Vol2_1_StoichiometrySolutions.pdf (0.46 MB)
- Vol2_2_ThermoSolutions.pdf (2.14 MB)
- Vol2_3_FluidMechSolutions.pdf (0.13 MB)
- Vol2_4_KineticsSolutions.pdf (0.94 MB)
- Vol2_4_Kinetics_FigK1.pdf (0.02 MB)
- Vol2_5_HeatTransSolutions.pdf (0.12 MB)
- Vol2_6_ProcessDynamicsSolutions.pdf (0.68 MB)

2.2.6 SACHE の関連情報

SACHE において使用される教科書、ビデオ資料、認証プログラムを調査した。

● 教科書

大学の有機化学や無機化学の教育では教科書が利用される場合があるが、安全工学の場合、適切な教科書が無いのが日本の現状である。今回の米国調査で、SACHE で一番利用回数が多い "Process Safety Course Presentations (power point presentations), 2010" が D. Crowl 教授の教科書の要約版と判明した。また、"Chemical Process Safety - Fundamentals with Applications, 3rd ed." が少なくとも3大学 (Texas A&M Univ., Wayne State Univ., Michigan Technological Univ.) で利用されていることがわかった。

● 化学プロセス安全教育のビデオ資料

化学プロセス安全教育ビデオは、政府機関や民間企業からも入手することができる。SACHE 委員が紹介するリンク先がいくつか紹介されており、その例を次に示す。

a) BLEVE の YOUTUBE でのデモ;

<http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=sl-JgyQA7u0>

Runaway Reactions, 2008

(講師: A. Theis)

Chemical Reactivity Hazard, 2008

(講師: R. Johnson)

b) J. F. Louvar 教授の SChE の紹介ビデオ;

<http://www.engr.uky.edu/aicheed/Multimedia/multimedia.htm>

“Safety and Chemical Engineering Education – History and Results”

c) カリフォルニア大学サンディエゴ(UCSD)の実験室での安全作業ビデオ;

<http://blink.ucsd.edu/safety/research-lab/laboratory/videos.html>

● CCPS の 7 分間セミナービデオ

CCPSでは、プラントのマネジャー、エンジニア、オペレータ向けに、7分間のビデオをボランティアで作成して、希望者に配布し、データベース化して、事故に繋がるミスを減らそうとしている。ビデオでは、対象装置のメカニズム、背景となる科学知識を、短い時間(2分間)で紹介し、安全な作業のベースとする。7分間のビデオに繋がるアイデア、またはビデオを募集しており、関連するアドレスは次の通りである。

<https://www.aiche.org/ccps/resources/overview/ccps-videos/videos-english>

● SChE 学生安全認証プログラム

アメリカ化学工学会(AIChE)のE-ラーニングセンターで受講料を支払って8テーマを学習し認証を得ることができる。

<E-ラーニングセンター認証サイトのアドレス>

<https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/pages/sache.certificate.pdf>

<対象 8 テーマ>

Process Safety Lessons Taught from Experience, 2011 (講師: B. Willey)

Process Safety 101, 2010
(講師: J. Bernardi)

Dust Explosion Control, 2010
(講師: J. Louvar)

Inherently Safer Design, 2009
(講師: D. Hendershot)

Safety in the Process Industries, 2008
(講師: D. Crowl)

Risk Assessment, 2008 (講師: R. Pike)

図2.2.1 SChE 資料の9テーマ別の分類

Material/Energy Balances (Fundamentals) <ul style="list-style-type: none">Solutions to Student Problem Set Volume 1A Process Safety Management (PSM) OverviewStudent AIChE 2002 Design Problem Solution <p>View all Products for this course.</p>	Fluid Flow <ul style="list-style-type: none">Solutions to Student Problem Set Volume 2Consequence Modeling Source Models I: Liquids & GasesCompressible and Two-Phase Flow with Applications Including Pressure Relief System Sizing <p>View all Products for this course.</p>
Heat Transfer <ul style="list-style-type: none">Seveso Accidental Release Case HistoryCase History: A Batch Polystyrene Reactor RunawayMini-Case Histories <p>View all Products for this course.</p>	Mass Transfer <ul style="list-style-type: none">Solutions to Student Problem Set Volume 2Mini-Case HistoriesMetal Structured Packing Fires <p>View all Products for this course.</p>
Thermodynamics <ul style="list-style-type: none">Chemical Reactivity HazardsSolutions to Student Problem Set Volume 2Rupture of a Nitroaniline Reactor <p>View all Products for this course.</p>	Chemical Reactions/Kinetics <ul style="list-style-type: none">T2 Runaway Reaction and ExplosionDow Fire and Explosion Index (F&EI) and Chemical Exposure Index (CEI) SoftwareRunaway Reactions -- Experimental Characterization and Vent Sizing <p>View all Products for this course.</p>
Process Control <ul style="list-style-type: none">Solutions to Student Problem Set Volume 2Rupture of a Nitroaniline ReactorSolutions to Student Problem Set Volume 1 <p>View all Products for this course.</p>	Lab <ul style="list-style-type: none">Project Risk Analysis (PRA): Unit Operations Lab ApplicationsImproving Communication SkillsIntroduction to Biosafety <p>View all Products for this course.</p>
Design <ul style="list-style-type: none">An Inherently Safer Process ChecklistInherently Safer DesignImproving Communication Skills <p>View all Products for this course.</p>	

表2.2.2 SACHEの資料例(2003年～2012年, 2013年9月初旬)

SACHE (The Safety and Chemical Engineering Education) Products			
SACHE Products	年度	スポンサー	利用数
Hydroxylamine Explosion Case Study	2003	C. J. Kelly (Syracuse University), J. V. Birtwistle (Risk	312
Mini-Case Histories	2003	Joe Louvar and Durai Dakshinamoorthy (Wayne State University)	131
Safety Valves: Practical Design Practices for Relief Valve Sizing	2003	Eric N. Parvin and Arthur M. Sterling (Louisiana State	249
Safety, Health, and Environmental Text for Textbooks	2003	S. Horsch (Wayne State University), M. Horsch (University	236
Consequence Modeling Source Models I: Liquids & Gases	2004	Jan Wagner (Oklahoma State University)	118
Green Engineering Tutorial	2004	Hui Chen (Arizona State University), David Shonnard	55
Improving Communication Skills	2004	Robert M. Bethea and Sarah A. Brown (Texas Tech	206
Metal Structured Packing Fires	2004	Mark T. Roberts (Texas A&M University)	133
Chemical Reactivity Hazards	2005	Robert Johnson (Unwin Co.)	130
Emergency Relief System Design for Single and Two-Phase Flow	2005	Ron Darby (Texas A&M University)	371
Introduction to Biosafety	2005	Art Schwartz (Bayer Corp., retired)	179
Runaway Reactions -- Experimental Characterization and Vent Sizing	2005	Ron Darby (Texas A&M University)	518
Simplified Relief System Design Package	2005	Ed Kitchen (Digital Solutions Technology, Inc.)	51
Solutions to Student Problem Set Volume 1	2005	J. R. Welker and C. Springer (University of Arkansas)	173
Solutions to Student Problem Set Volume 2	2005	R. Willey (Northeastern University), D. Crowl (Michigan Tech University), R. Welker (University of Arkansas), R. Darby (Texas A&M University)	500
University Access to SuperChems and ioXpress	2005	Georges A. Melhem (ioMosaic, Inc.)	53
Design for Overpressure and Underpressure Protection	2006	S. S. Gossel (Process Safety and Design, Inc.), J. F. Louvar (Wayne State University)	253
Dust Explosion Prevention and Control	2006	J. Louvar and R. Schoeff (Wayne State University)	594
Inherently Safer Design	2006	Dennis C. Hendershot (Rohm and Haas Co., retired)	254
Safety in the Chemical Process Industries	2006	D.A. Crowl (Michigan Tech University)	2082
Student AIChE Design Problem Solution (2002 Problem)	2006	S. Horsch and J. Louvar (Wayne State University), J. Wehman (BASF Corporation, retired)	88
CCPS Process Safety Beacon Archive	2007	Tom Spicer (University of Arkansas)	0
Piper Alpha Lessons Learned	2007	Joe Louvar (CCPS Staff Consultant)	64
Properties of Materials	2007	Ronald J. Willey (Northeastern University)	138
Rupture of a Nitroaniline Reactor	2007	Ronald J. Willey (Northeastern University)	364
Static Electricity I -- Everything You Wanted to Know about Static Electricity	2007	Marc Rothschild (Rohm and Haas)	254
Venting of Low Strength Enclosures	2007	W. B. Howard (Monsanto, retired), J. F. Louvar (Wayne State University)	175
Inherently Safer Design Conflicts and Decisions	2008	Dennis C. Hendershot (Rohm and Haas Company, retired) John Murphy (United States Chemical Safety and Hazard Investigation Board, retired)	164
Risk Assessment	2008	Ralph W. Pike (Louisiana State University)	646
Seminar on Tank Failures	2008	Ronald J. Willey (Northeastern University)	160
Seveso Accidental Release Case History	2008	Ronald J. Willey (Northeastern University)	145
Static Electricity as an Ignition Source	2008	Konanur Manjunath (DOW Chemical)	76
Explosions	2009	Reed Welker (University of Arkansas)	109
Process Hazard Analysis: An Introduction	2009	David Mody (Queen's University at Kingston)	407
Process Hazard Analysis: Process and Examples	2009	David Mody (Queen's University at Kingston)	125
Project Risk Analysis (PRA): Unit Operations Lab Applications	2009	Bruce Vaughen (Cabot Corporation)	419
Reactive and Explosive Materials	2009	R. J. Willey (Northeastern University), J. F. Louvar (Wayne State University)	1
Seminar on Fire	2009	Reed Welker and Charles Springer (University of Arkansas)	136
Fire Protection Concepts	2010	Reed Welker (University of Arkansas)	129
Process Safety Course Presentations	2010	D. Crowl (Michigan Technological University), S. Mannan (Mary Kay O' Connor Process Safety Center, Texas A&M University)	1512
Safe Handling Practices: Methacrylic Acid	2010	R. Willey (Northeastern University)	327
The Bhopal disaster: A Case History	2010	R. Willey (Northeastern University)	230
Understanding Atmospheric Dispersion of Accidental Releases	2010	R. Schneider (CCPS Staff)	131
Case History: A Batch Polystyrene Reactor Runaway	2011	Ron Willey (Northeastern University)	169
Compressible and Two-Phase Flow with Applications Including Pressure Relief System Sizing	2011	J. Wagner and R. Whiteley (Oklahoma State University)	335
Dow Fire and Explosion Index (F&E) and Chemical Exposure Index (CEI) Software	2011	S. Mannan (Mary Kay O' Connor Process Safety Center), W. Smades (Dow Chemical Company)	648
Jeopardy Contests for Process Safety	2011	Jon Bernardi (Lubrizol Corp.)	333
Layer of Protection Analysis - Introduction	2011	Art M. Dowell (Chemical Process Safety Consultant and Rohm and Haas, retired)	211
Safety Guidance for Design Projects	2011	Bruce K. Vaughen (Cabot Corporation)	279
A Process Safety Management (PSM) Overview	2012	Bruce K. Vaughen (Cabot Corporation)	1125
Conservation of Life: Application of Process Safety Management	2012	Klein (DuPont)	339
Fundamentals of Chemical Transportation with Case Histories	2012	Ronald J. Willey (Northeastern University)	154
T2 Runaway Reaction and Explosion	2012	Ronald J. Willey (Northeastern University)	153
		Download 0 ~ 99: 8 products	
		Download 100 ~ 200: 19 products	
		Download 200 ~ 499: 18 products	
		Download 500 ~ 1500: 5 products	
		Download 1000 ~ 2100: 3 products	
		(Total: 53 SACHE products)	

注) 2013年のSACHE資料: "An Inherently Safer Process Checklist", CCPS作成 合計54件