



圖一、泥土分流路徑分類系統

2.主要設備

(1)Screen Plant(如圖二)

- ◆ 控制輸送帶泥土之顆粒尺寸。
- ◆ 移除泥土中顆粒較大之物質，以利通過輸送帶之偵檢器下方。



圖二、Screen Plant

(2)分類輸送機

- ◆ 分類輸送機大約 28 英尺長，其以偵檢器陣列排列在輸送帶上，以偵測輸送帶上均勻層泥土。
- ◆ 激增箱(Surge bin)位於輸送帶前方，提供通過 **Screen Plant** 前，臨時非均勻泥土之存

儲場所。

- ◆ 當泥土於輸送帶上大量堆積時，**Screen Plant** 控制土壤厚度。
- ◆ 輸送帶上陣列排列之偵檢器，以屏蔽箱保護，其高度可調整偵檢輸送機上不同厚度的泥土層。
- ◆ 輸送帶尾端提供通過偵檢器下面的泥土暫存區域，直到陣列排序之偵檢器完成偵檢。
- ◆ 工程控制以減少可能產生之粉塵，包含降低輸送帶速度至 30 FPM、輸送帶加裝板蓋、控制土壤濕度 10-25%。

(3)分類閘門(如圖三)

- ◆ 8 八個 U 型漏斗架設於氣動滾桶上。
- ◆ 當污染泥土到達輸送帶尾端時，電腦分類偵檢系統即完成偵檢程序。

(4)轉換輸送帶

- ◆ 污染泥土轉移至堆疊輸送帶。
- ◆ 乾淨泥土經由轉移閘門至另一堆疊輸送帶。



圖三、分類閘門

3. SGSS 優點

- ◆ 有效地降低成本(最高達 75%)及放射性污染泥土和材料的體積。
- ◆ 自動化機械分類泥土和材料，不需要進行化學處理。

- ◆ 沒有二次廢棄物產生。
- ◆ 提供 100%所有泥土的檢測處理。
- ◆ 可移除之放射性核種包含 Cesium-137、Cobalt-60、Radium-226、Thorium-232、Uranium-238、Americium-241 等。

4.現場實際應用經驗

目前 SGSS 應用於污染泥土清理經驗廠址，包含以下廠址：

- ◆ Johnston Island
- ◆ Savannah River Site
- ◆ Sandia National Labs
- ◆ West Valley Project
- ◆ Pantex Plant
- ◆ Brookhaven National
- ◆ Laboratory
- ◆ Los Alamos National Laboratory
- ◆ Maywood, New Jersey (FUSRAP)

其中六處廠址處理利用 SGSS 清理結果說明如表六：

表六、各廠址利用 SGSS 清理結果

| 廠址 | 污染顧慮 | 處理體積 | 處理目標 (in pCi/gm) | 減少體積 (%) |
|----------------|--------|-------------|---------------------|-------------|
| Johnston Atoll | Pu-239 | 200,000(cy) | 13 | 80 |
| SRS | Cs-137 | >1200 | 4 | 99 |
| LANL | U-238 | >200 | 112 | 97 |

| | | | | |
|---------------|------------------------|-------|----|----|
| New Brunswick | h-232 / Ra-226 / U-238 | 5,000 | | 55 |
| SNL | U-238 | 662 | 54 | 99 |
| Pantex | U-238 | 148 | 50 | 57 |

(二)混凝土剷除技術

TRR 燃料池清理目前已完成池內貯存廢棄物之處理規劃，包含用過燃料、鈾粉廢樹脂及池水均按時程規劃處理或處理中，將來完成池內所有廢棄物清理並移出，所剩下為燃料池結構部分，包含池底或池壁均已經受放射性污染，且部分已非表面鬆散污染，而是滲入之固著污染，因此須執行表面污染深度調查並分析後，決定其表面污染深度，以評估除污方法。

一般核設施結構為混凝土材質，因此受污染大部分為混凝土地面或牆面。核設施除役拆除前，為執行廢棄物減量減容，因此污染部分由污染設施中分離出來。以下介紹說明兩款已應用於核設施除役之混凝土除污技術，包含地面混凝土剷除機及牆面混凝土剷除機。

1. 鑽石地面混凝土剷除機(The Marcris Industries Limited Concrete Shaver)(圖四)

(1)特性

- ◆ 剷除機可有效去除混泥土面的放射性污染，利用嵌入式鑽石鼓刀具，剷除量從 1mm 到 10mm 深度，剷除準確性達 0.1mm。
- ◆ 剷除機為自走式、容易移動、振動小，提供不同的速度之前進及後退行動。
- ◆ 剷除機採用真空吸口，使潛在的空氣污染物能完整收集。
- ◆ 比其他方法，產生之廢棄物量減少約 50%，產生一個非常密集的廢棄物，以利收集和處置準備。

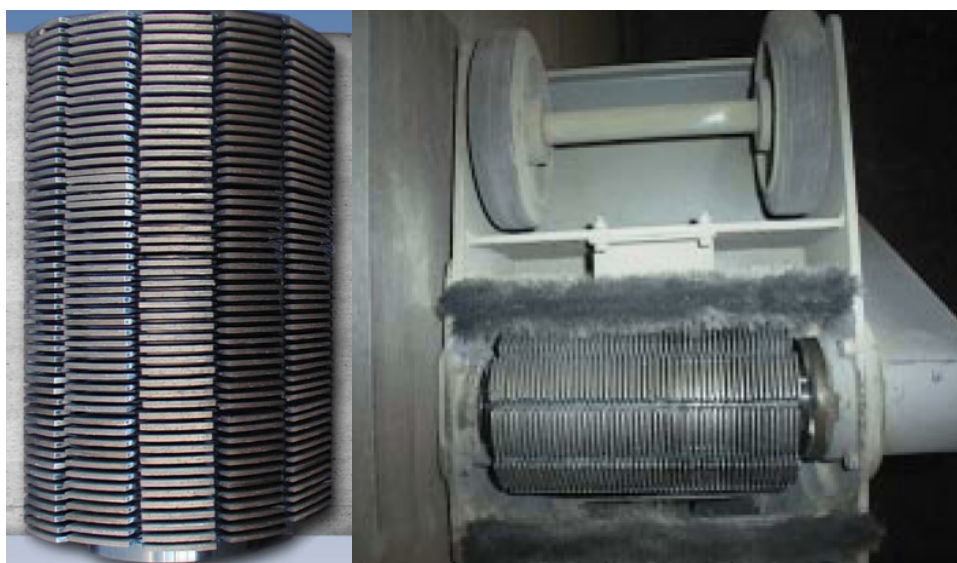
- ◆ 刨除機有效節省時間和處理成本，減少處理程序。
- ◆ 刨除機提供的刀片壽命高達 20,000 平方英尺，刨除深度平均值約 1 / 8 “(3.0 毫米)。



圖四：鑽石地面混凝土刨除機

(2) 鑽石刀具

- ◆ 100 片嵌入式鑽石刀片(圖五)聯結成鑽石鼓刀具，使刨除過後之表面能平整平滑。



圖五、鑽石刀具

(3)集塵設備(圖六)

- ◆ 適當之真空集塵機，能將污染物質完全收集。
- ◆ 刨除粉塵收集通過 HEPA 真空系統，並收集集中於 55 加侖桶(核設施廢棄物常用)中，以利後續準備處理。
- ◆ 刨除量隨刨除深度而定，一般收集能力為 100 ft²/hr。



圖六、集塵設備

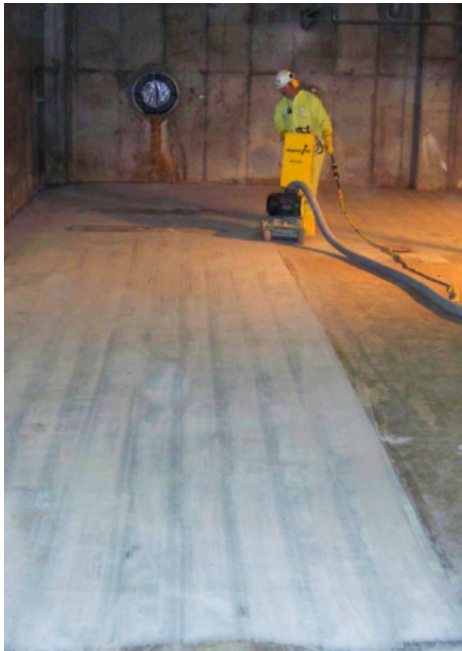
(4)刨除機規格

- ◆ 輸出功率: 8.5 Kw
- ◆ 電源:480 v, 3 phase
- ◆ 動力消耗:16 Amp
- ◆ 頻率: 60 Hz
- ◆ 驅動馬達: 7.5 Kw/ 2850 Rpm
- ◆ 速度: 0-25 ft/min (infinitely variable)
- ◆ 鑽石鼓寬度: 10 inches
- ◆ 最大刨除深度: 0.5 inches
- ◆ 刀片直徑: 6.0 inches

- ◆ 寬度: 19.0 inches
- ◆ 長度:46.0 inches
- ◆ 高度:40.0 inches
- ◆ 總重: 330 Lbs

(5)使用經驗

- ◆ Plum Brook Reactor Facility
- ◆ Rocky Flats Nuclear Weapons Plant
- ◆ Westinghouse Waltz Mill Facility
- ◆ San Onofre Nuclear Generating Station



圖七、鑽石地面混凝土刨除機使用經驗

2.牆面混凝土刨除機 (圖八)

(1)特性

- ◆ 使用與鑽石地面混凝土刨除機相同的專利鑽石鼓和刀片。
- ◆ 刨除機為液壓驅動，可以使用機械臂或其他設計工具解決工程方案，並可遠距離遙控操作。

- ◆ 刨除機之鑽石鼓刀具每次刨除深度為 1~5 mm，刀片壽命於刨除深度為 3 mm 下，可刨除面積高達 15000 平方公尺。
- ◆ 可配掛於機械臂、工具載體上或掛三腳導軌架等配件上，遙控操作；配件可使用油壓工具固定於牆上。



圖八、牆面混凝土刨除機

(2) 刨除機規格

- ◆ 液壓驅動
- ◆ 馬達動力: 40 HP
- ◆ 重量: 1500 lbs.
- ◆ 電源: 480 v, 3 phase
- ◆ 動力消耗: 50 Amp
- ◆ 鑽石鼓寬度: 11.5 inches
- ◆ 最大刨除深度: 0.5 inches

- ◆ 刀片直徑: 6.0 inches
- ◆ 寬度: 2.5 Feet
- ◆ 長度: 5 Feet
- ◆ 高度: 3 Feet
- ◆ 總重: 300 Lbs

(3)使用案例(Rocky Flats Nuclear Weapons Plant)

- ◆ Rocky Flats 核武工廠利用牆面及地面混凝土刨除機(如圖九)，刨除核武器工廠大廈 B371 和 B374 之地板和牆壁約 1 1/2 英寸深度。
- ◆ 為保持拆除建築物的平衡，刨除機為其常採用方法。
- ◆ 刨除機配有集塵系統，有效收集空氣中污染物，避免污染擴散。



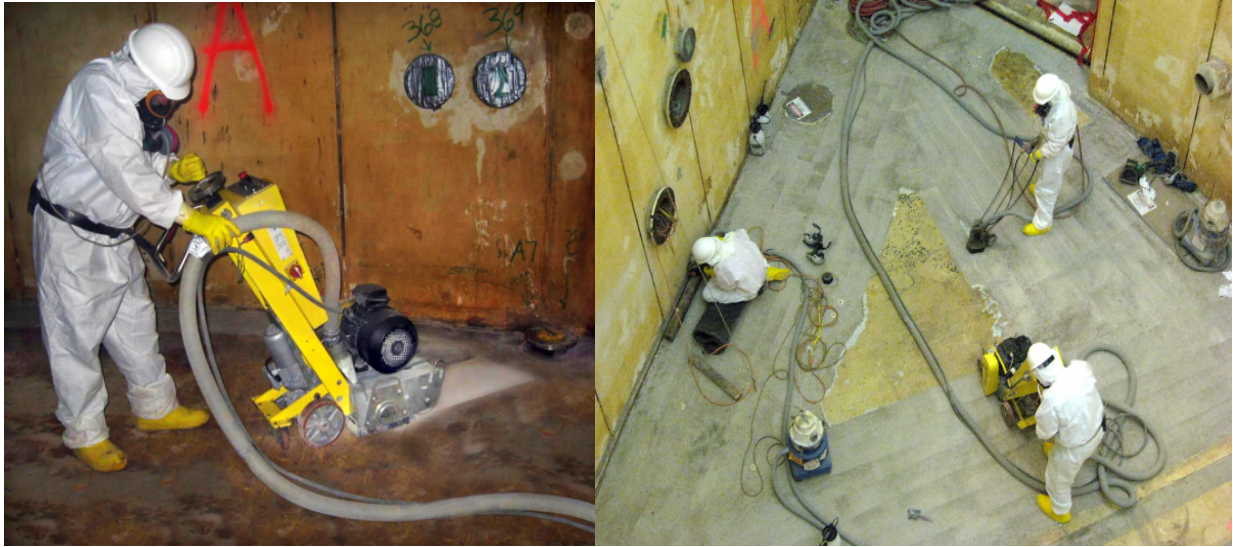
圖九、Rocky Flats 核武工廠刨除地板

(4)使用案例(Plum Brook Reactor)

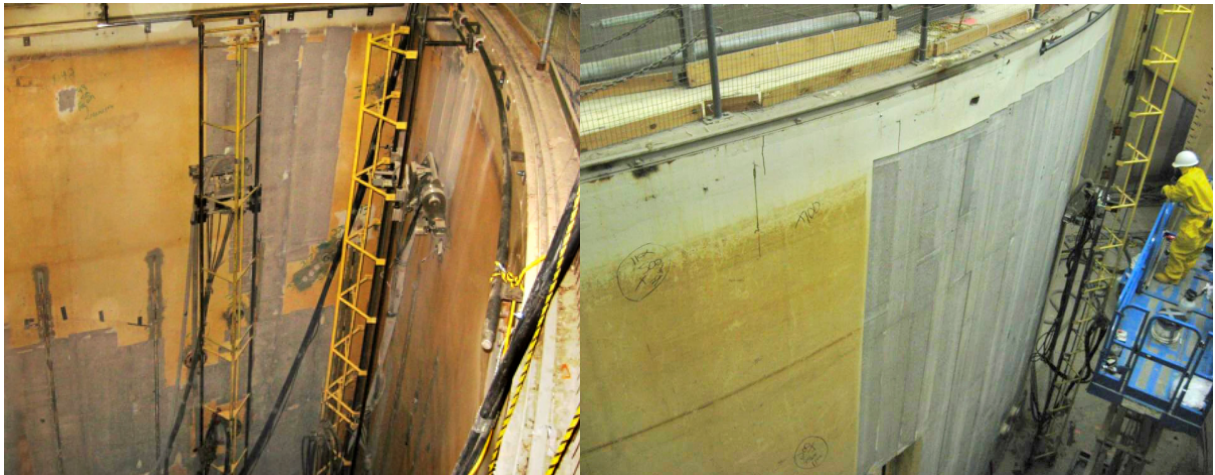
- ◆ 俄亥俄州之 Plum Brook 反應器廠利用牆面及地面混凝土刨除機，刨除反應器移除後區域(反應器槽區)與熱室地面(如圖十)。
- ◆ 利用 CAD 設計及製作配合工具，發展一套反應器遙控刨除系統，包含牆面混凝土刨除機、三腳安裝框架、曲線移動軌道及直線移動軌道等，於熱室和反應器的牆壁建

構完成，有效且成功完成規劃牆面刨除區域(如圖十一)。

◆ 刨除廢棄物以真空集塵系統集中收集，盛裝於 55 加侖桶內(如圖十二)。



圖十、Plum Brook 反應器槽及熱室地面刨除



圖十一、Plum Brook 反應器槽牆面刨除



圖十二、Plum Brook 反應器廠刨除廢棄物集中收集於 55 加侖桶

3.比較

混凝土刨除機採用鑽石鼓刀鋸刨除深度精度高，同時最大限度地減少和遏制產生的廢物。其他刮除方法(Scabblers)是既不精確、速度也不一樣，因為它本質上是一個硬質合金錘子打擊之原理，造成地板表面粗糙和不規則的凹凸，而且不能達到適當的深度。這將迫使增加工作程序和操作速度，為達到適當的深度，也意味著更多的具體產生的廢物，從而增加了處置成本。以下為混凝土刨除法與一般刮除方法之優劣說明如表七：

表七、混凝土刨除方法與一般刮除方法比較表

| 方法 | 刨除方法(Shaver) | 一般刮除方法(Scabblers) |
|-----------|--------------------|-------------------|
| 安裝速度(min) | 2 | 42 |
| 靈活性 | same | same |
| 安全性 | 較好 | 好 |
| 耐用性 | 好 | 好 |
| 操作簡易性 | More easy(重量輕、震動小) | easy |

| 產生廢棄物 | 少 | 多 |
|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 公共需求 | 480v / 3-phase / 50 to 60 Hz | 4570 liters/min @ 1230 bars |
| 施工後表面 | 平滑平整 | 凹凸不平 |
| 精確度 | 高 | 低 |
| 移除速度 | 11.9 m ² /hr | 2.5 m ² /hr |
| 成本(移除 0.3cm 深度) | \$14.21/m ² | \$43.60/m ² |
| 結果評論 | 適合大小區域，刀具磨損少， 刨除深度可達 7.5cm | 適合較大區域移除，刨除深度 可達 10cm |

四、建議事項

- (一) 本次參加之阿岡國家實驗室設施除役訓練課程技術資料，主要為除役規劃階段及除役經驗分享，除針對每篇簡報內容詳細研讀，充分吸取國外除役/除污之技術經驗，並結合目前本身參與之 TRR 除役工作，精進本所核設施除役執行能力，提升除役作業之輻射安全與工作效率，極有助益。
- (二) 本次參與之美國境內與國際間核設施除役作業參與伙伴技術交流研討會，主要為除役相關參與組織或公司人員之經驗與挑戰分享，並藉由除役相關之展覽及討論機會，提供國際上核設施除役之商業機會。對於本所未來 TRR 爐體拆除工作，不僅有與國際上有經驗之公司交流機會，更能藉由對本所之除役需求，提出相關建議或分析評估，更順利推動 TRR 除役計畫。
- (三) 核設施除役計畫為一結合除污、拆除和廢棄物處理等項目的整合工作，尤其是在除役規劃階段，就應對除役所需之廠址輻射特性、拆除工法、產生的廢棄物之處理及處置、成本管理、危害因素、未來規劃等應有完善之分析評估，如此除役計畫才能順利且依時程推動。
- (四) 混凝土刨除機不僅可節省 50%成本，更精確地執行刨除深度，具有產生廢棄物少

且簡化後續處理程序等優點。本所 TRR 燃料池是屬於直線式(非曲線式)結構，如採用混凝土刨除機配合安裝附屬設施，如安裝固定框架及軌道，在工程上不會比 Plum Brook 反應器廠複雜，是值得後續探討研究並注意其後續發展。

(五) 有關清理後之遺留物(Legacy)管理，本所 TRR 除役計畫除應參考 DOE 相關簡報內容，須提早規劃完成除役之後續行動，並須將除役期間所產生之文件及紀錄有效管理，以屆時能依據相關資料作充分之規劃與改善。

(六) 污染泥土之除污或清理，本所目前有相關之研究計畫，此次介紹之 SGSS 泥土清理技術，適用於大面積之泥土處理。一般泥土除污處理程序勢必產生大量放射性液體二次廢棄物，但利用此方法不儘快速清理大區域污染泥土，而且具有高效率、低成本、無處理二次廢棄物之優點，目前成功應用於許多除役廠址之污染泥土清理經驗，已證明其處理效益。雖目前本所還未有類似泥土污染情況，但對於未來之 TRR 除役計畫之 DSP 清理，因其 DSP 乏燃料均位於地下水泥貯存槽內，早期於乏燃料處理移出時，是否有污染到週邊泥土，目前還未確認，須對泥土執行分區不同深度之環境調查後，才知道其真正污染區域範圍，如未來污染調查結果顯示，清理 DSP 須大面積開挖水泥貯存槽週邊，以放射性廢棄物減容之目標下，勢必須將污染泥土廢棄物減至最小量，因此此技術是值得注意其後續發展狀況。

附錄一

「美國能源部(DOE)2011 阿岡國家實驗室設施除役訓練課程及研討會」與會名單

D & D Training Course - Las Vegas, NV NOV. 2011

| | | |
|-----|-----------------------|--|
| 1. | Bailie, William A. | Jacobs Engineering |
| 2. | Baptiste, Sean | General Nuclear Safety |
| 3. | Bohannon, Chad A. | Creative Engineers, Inc. |
| 4. | Bryant, Constance C. | Tennessee Valley Authority |
| 5. | Chang, Kuo-Yuan | Institute of Nuclear Energy Research |
| 6. | Erickson, James | S.M. Stoller Corporation |
| 7. | Giagnacova, Andrew G. | Walter Reed Army Institute of Research |
| 8. | Hannesson, Haraldur | National Institute of Radiation Protection |
| 9. | Hong, Sung-Chul | Korean Intellectual Property Office |
| 10. | Inayat, Masood A. | Molycorp Minerals LLC |
| 11. | Kim, Sangjin | Korea Institute of Nuclear Safety |
| 12. | Kim, Shinjae | Dongguk University |
| 13. | Krujalskis, Ricardas | State Nuclear Power Safety Inspectorate |
| 14. | Lee, Yongho | Korean Intellectual Property Office |
| 15. | Marlow, Tony | Brokk |
| 16. | McCormack, Bruce | SAIC |
| 17. | Null, Kevin | U.S. NRC |
| 18. | Peng, Cheng-Chiou | Institute of Nuclear Energy Research |
| 19. | Perrel, Joshua | Tennessee Valley Authority |
| 20. | Ulfbeck, David G. | National Board of Health |

附錄二

「美國境內與國際間核設施除役作業參與伙伴技術交流研討會」與會名單

Nuclear D&D Supply Chain Conference USA 2011
November 17th-18th, Hilton City Center, Charlotte NC

NUCLEAR ENERGY
INSIDER

CONFIDENTIAL – DO NOT COPY

William Smart
Senior Vice President
IMPACT Services

James Simmons
Director - Manufacturing & Product
Development
Innovative Solutions

Steve Barbarits
Manager
InSolves

Butch Stall
Contracts Manager
InSolves

Kuo-Yuan Chang
Assistant Researcher
**Institute of Nuclear Energy
Research**

Peng Cheng-Chiou
Assistant Researcher
**Institute of Nuclear Energy
Research**

John Bordini
Director - Special Projects
Intomes

Satsuki Takenaka
Senior Staff Officer
Kawasaki Heavy Industries

John Raymond
President & CEO
Kurion

Raymond Suarez
Corporate Development
Lancs Industries

Garry Snyder
Director - Business Development
Lincoln Structural Solutions

Jim Darling
Engineer Production Manager
Microflex

Patrick New
CEO
NEWGreen Legacy Services

Andre Wakker
Business Manager
NRG

Stephen Sandrik
Publisher
Nuclear Decommissioning Report

Robert Wade
Co-publisher
Nuclear Decommissioning Report

Martin Williams
Vice President
NuVision Engineering

Jan Carlin
Business Development Consultant
PaR Systems

Michael Wolff
Vice President - Sales
Paxton & Vierling Steel

Mike Everson
Director - Sales
PDI

Jack Hobbs
Special Projects
Penhall Company

Alastair Laird
International Business Director
Project Time & Cost

Michael Michel
Vice President - Project Controls
Project Time & Cost

Bill Rambow
CEO
Radiation Protection Systems

David Patterson
Vice President
Rich Industries

Dana Pezzimenti
Vice President
RJR Engineering

Scott Adams
Chief Financial Officer
S.A. Technology

Joseph Legare
Vice President
S.M. Stoller Corporation

James Medford
Vice President - Commercial
Operations
Safety & Ecology Corporation

Ron Glover
Senior Principal Engineer
SCRA Applied R&D

William Winkler
President
Shaw E&I

Con Murphy
Vice President
Shaw E&I

Thomas Nauman
Vice President
Shaw Global Services

Barbara A. Mazurowski
Vice President
Stoller

Serge Van Steenkiste
Marketing Manager
Studsvik

Steven Jameson
Vice President - Sales & Marketing
Studsvik

Matt Dodds
Director - Business Development
Teledyne Brown Engineering

Michael Cull
Global Partnership Program Manager
Teledyne Brown Engineering

Tony Hunter
President
TFE/TCPS

Gary Beard
Senior Director - Business
Development
The Brock Group

Jim Posda
Director - Business Development
The GEL Group

Larry Taake
Director - Sales
The GEL Group

Dan Kirkland
Business Development
Tioga Nuclear Products

Terry Holland
Business Development
Trinity Group

Dean Newton
Director - IT
Turnkey Transportation Services

**Nuclear D&D Supply Chain Conference USA 2011
November 17th-18th, Hilton City Center, Charlotte NC**



CONFIDENTIAL – DO NOT COPY

Kenneth Ferguson
Senior Advisor
Accurate Machine Products

Laura Dykstra
Director
AECL

James Mckenna
Director - Facilities Decommissioning
AECL

Steven Batters
Senior Health Physicist
Amec

Andy Clark
Principal
AMEC E&I

Theodore Sillstrop
Director - Business Development
AMECO

Terrell Detrick
Sales & Marketing Manager
American Fabrication

Lubi Dimitrovski
Waste Operations Manager
ANSTO

Christopher Miller
Director - Business Development
AREVA Federal Services

Eric Clements
President & COO
Ascendent Engineering & Safety Solutions

Dave Culberson
Executive Vice President
Ascendent Engineering & Safety Solutions

Mike Frye
Vice President
Atlantic Plant Services

Roland Jean
Business Development Manager
Babcock & Wilcox

Phil Gallagher
Senior Vice President
Babcock Services

Art Porter
Nuclear Market Manager
Barnhartcrane

Andrew Kelsey
Vice President
Bechtel National

Lacy Baldy
Business Development Manager
Bechtel National

Joe Williams
Project Manager
Bechtel National

Blake Burns
Sales
CAST Transportation

Rich DeFeyter
Executive Vice President
CAST Transportation

Michael Coy
Contracts Manager
CBI Polymers

Beth Utley
Product Group Manager
Ceradyne

Larry Addington
Design Manager
Ceradyne

Matt Geary
Technical Sales Manager
CETCO

Vicki Bogenberger
Vice President - Business Services & CFO
CH2M Hill Plateau Remediation

Steve Alexa
Business Unit Manager
Champion Concrete

Ed Wilds
Director - Radiation Division
Connecticut Department of Energy and Environment

Paul Miskimin
Managing Director - Winning Ways International
CUT Nuclear

Brocke Walker
Director - Business Development
D.H. Griffin Companies

Steve Sohinki
Vice President - Safety Programs
Dade Moeller

Bill Kennedy
Executive Vice President
Dade Moeller

Simon Middlemas
Managing Director
Dounreay Site Restoration Ltd

Anthony Wratten
Deputy Managing Director
Dounreay Site Restoration Ltd

Joe Kane
Head of Commercial Services
Dounreay Site Restoration Ltd

Juliann Maffett
Nuclear Market Manager
EDGEN Murray

Jessica Lepley
Sales Representative - Nuclear
EDGEN Murray

Axel Baecker
Department for International Cooperation
Energiewerke Nord

Roy Sheppard
Technical Specialist
Energy Industries of Ohio

Nancy Horton
Program Manager
Energy Industries of Ohio

Kenny Fletcher
Reporter - Weapons Complex Monitor
Exchange Monitor Publications

Bruce Hanni
Business Manager
Fluor - B&W Portsmouth

Jack Hott
Contract Compliance Manager
Fluor - B&W Portsmouth

Gay Fussell
Vice President
GEM Technologies

Bill Hensley
Executive Vice President
GEM Technology

Kenneth Hukari
President
Hukari Technical Services

CONFIDENTIAL – DO NOT COPY

Steve Williams
Senior Vice President - Software
Group
U.S. Cost

Jonathan Dowell
Assistant Manager
**U.S. Department of Energy,
Hanford Site**

John Eschenberg
Assistant Manager
**U.S. Department of Energy, Oak
Ridge Site**

Bill Murphie
Manager
**U.S. Department of Energy,
Portsmouth Paducah**

Zack Smith
Director - American Reinvestment
Recovery Act Program
**U.S. Department of Energy,
Savannah River**

Bryan Bower
Director - West Valley Demonstration
Project
**U.S. Department of Energy, West
Valley**

Keith McConnell
Deputy Director - Decommissioning &
Uranium Recovery Licensing
U.S. NRC

Philip McDermott
Director - Global Nuclear Services
**Underwater Construction
Corporation**

Dave Welcher
Technical Accounts Manager
UniTech Services Group

Jan Long
Technical Accounts Manager
UniTech Services Group

Sean White
Director - Business Development
URS

Vincent Maivelett
Business Manager - Contracts &
Procurement
URS

William Mangiante
Project Engineering Manager
URS

William Whiting
Communications Manager
URS

Christa Miller
Communications Manager
URS

Steve Dahlgren
Area Project Manager
URS

Mike Sherman
Research Analyst
UxC

Brenda Mikkola
CEO
Value Added Solutions

Dennis Trout
President
Value Added Solutions

Kenneth Grumski
Vice President - Federal Programs
Waste Control Specialists

Robert Kurz
D&D Product Lead
Westinghouse