บทที่ 3

ความรู้พื้นฐานและพิษวิทยาของแมงกานีส

แมงกานีสในธรรมชาติ

แมงกานีสเป็นโลหะที่ไม่พบเป็นอิสระในธรรมชาติ แต่จะอยู่รวมกับแร่อื่น ๆ มีปรากฏอยู่ในทั่วไปในธรรมชาติทั้งในดิน หิน น้ำ และในสิ่งมีชีวิต โดยจะพบอยู่ในรูปของสารประกอบส่วนใหญ่ได้แก่ สารประกอบออกไซด์ (oxide) ซัลไฟด์ (sulfide) คาร์บอเนต (carbonate) และซิลิเกต (siligate) สารประกอบของแมงกานีสที่มีเปอร์เซนต์ของแมงกานีสสูงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมได้แก่

1. ไพโรลูไซท์หรือแมงกานีสออกไซด์ (Pyrolusite or manganese dioxide, MnO_2) เป็นรูปของสารประกอบที่มีมากที่สุดเพราะมีความคงตัว
2. แมงกาไนท์ (manganite,MnOOH)
3. ฮอสแมนไนท์ (hausmannite,Mn_3O_4)
4. โรโดโครไซท์ (rhodochrosite,$MnCO_3$)
5. ไวโลมีเลน (psilomelane,$(4MnO_2)(Mn,BaK)O.nH_2O$)

สำหรับความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีสที่พบในดินอยู่ในช่วงประมาณ 500 - 900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในน้ำทะเลอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ในน้ำผิวดินจะมีแมงกานีสอยู่ราว 1 ถึง 500 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่สำหรับบริเวณที่มีแมงกานีสปรากฏอยู่ในธรรมชาติมาก ความเข้มข้นของแมงกานีสย่อมจะมากเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับในน้ำดื่มจะมีแมงกานีสอยู่ราว 5 ถึง 25 ไมโครกรัมต่อลิตร (WHO,1981) เหล็ก และแมงกานีส เป็นโลหะที่พบเสมอในแหล่งน้ำตามธรรมชาติทั้งในน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ใน Reducing condtionโลหะทั้ง 2 อยู่

ในรูปของสารละลาย และในรูปของตะกอนใน Oxidising condition น้ำประปาที่มีเหล็กเกิน 0.3 ppm (ส่วนต่อน้ำล้านส่วน) จะแลเห็นตะกอนสีเหลืองแดงขุ่น และถ้าน้ำมีแมงกานีสสูงกว่า 0.1 ppm จะมองเห็นตะกอนสีน้ำตาลเข้มลอยอยู่ ตะกอนของเหล็ก และแมงกานีสซึ่งสามารถมองเห็นได้ในน้ำประปานี้ เป็นลักษณะที่ทำให้น้ำไม่น่าดื่มจึงมีส่วนป้องกันการบริโภคของผู้ใช้น้ำ (น้ำทิพย์ รัตพันธ์ , 2520) สำหรับทางด้านอันตรายจากการดื่มน้ำมีเหล็ก และแมงกานีสในปริมาณสูงนั้นยังไม่ปรากฏผลพิสูจน์จากวงการแพทย์แต่อย่างใด (WHO , 1981)

ในอาหารโดยทั่วไปจะมีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยปกติจะต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบมากในข้าว,ผลนัทและหอยต่าง ๆ อาจพบมากเกินกว่า 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เช่นในใบชาแห้ง พบ 780 - 930 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำชา 1.4 - 3.6 มิลลิกรัมต่อลิตร

ส่วนแมงกานีสในอากาศความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดทั้งปีในชนบท และในเมืองที่ปราศจากมลพิษ จะพบอยู่ในราว 0.01 - 0.07 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามในบริเวณย่านอุตสาหกรรมที่มีการใช้แมงกานีส จะพบว่าค่าเฉลี่ยตลอดปีสูงราว 0.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบางกรณีอาจเกินกว่า 8 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 80 % ของแมงกานีสแขวนลอยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 5 ไมครอน และ 50 % ของอนุภาคแมงกานีสมีขนาดน้อยกว่า 2 ไมครอน ซึ่งเป็นอนุภาคที่สามารถจะเข้าถึงหลอดลมได้ (Respirable dust)(Lee et al, 1972)

<u>คุณสมบัติของแมงกานีสบริสุทธิ์</u>

แมงกานีสบริสุทธิ์มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. เป็นโลหะสีขาวหรือเทา คล้ายเหล็กมากแต่เปราะกว่า ว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมี เมื่อทิ้งไว้ในอากาศจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน กลายเป็นแมงกานีสออกไซด์มีสีดำ
2. น้ำหนักอะตอม 54.94
3. ความหนาแน่น 7.43 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
4. จุดหลอมเหลว 1,244 องศาเซลเซียส

5. จุดเดือด 1,962 องศาเซลเซียส

6. สามารถละลายได้ในกรดอนินทรีย์ต่าง ๆ

การนำแมงกานีสมาใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรม

ในสมัยก่อนมีการนำแมงกานีสใส่ในการหลอมแก้วเพื่อทำให้แก้วใสขึ้นและยังใช้เป็นสีดำในการทำเครื่องเคลือบดินเผา ต่อมาได้มีการนำแมงกานีสผสมในขบวนการทำเหล็กกล้า พบว่าทำให้เหล็กกล้ามีความเหนียวและแข็งขึ้น อุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ทำจากเหล็กกล้านี้ จะทนต่อการรับน้ำหนักได้มากกว่า ทนต่ออุณหภูมิและความดันสูงได้ดี นอกจากนั้นยังทนต่อสภาพการกัดกร่อนของกรดและด่างอีกด้วย แมงกานีสจึงกลายมาเป็นแร่ที่มีความสำคัญต่อการอุตสาหกรรมมาก เช่นเดียวกับแร่เหล็ก สำหรับการนำแมงกานีสมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. การใช้แมงกานีสในทางโลหะกรรม (metallurgical uses) จะใช้แร่ที่มีเปอร์เซนต์ของแมงกานีสค่อนข้างต่ำ ได้แก่ เฟอร์โรแมงกานีส (ferromanganese) สไปเจไลซัน (speigeleison) และซิลิโคแมงกานีส (silicomanganese) เป็นต้น โดยนำมาใช้ประโยชน์ในการทำโลหะผสม เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในการทำเหล็กกล้า (steel) หรือเหล็กหล่อ (cast iron) เพื่อทำให้คุณสมบัติบางประการดีขึ้น เช่น เพิ่มความแข็ง ความเหนียว หรือทนต่อการกัดกร่อนของกรดและด่าง นอกจากนี้ยังมีใช้ผสมในลวดเชื่อมเป็นตัว electrode coating

2. การใช้แมงกานีสในทางอโลหะกรรม (non-metallurgical uses) ส่วนใหญ่จะใช้แร่ที่มีเปอร์เซนต์ของแมงกานีสสูง เช่น ไพโรลูไซท์ (pyrolusite) อุตสาหกรรมที่ใช้แมงกานีสในทางอโลหะกรรม ได้แก่

2.1. อุตสาหกรรมการผลิตถ่านไฟฉาย ส่วนมากใช้แร่แมงกานีสไดออกไซด์โดยใช้เป็นตัวดีโพลาไรเซอร์ (depolarizer) แร่นี้จะมีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่า 72 % มีเหล็กปนไม่เกิน 2.5 % และไม่มีโลหะอย่างอื่นเจือปน เนื้อแร่ด้านไม่มีรูปผลึก

2.2. อุตสาหกรรมเคมีบางประเภท เช่น การทำด่างทับทิม ($KMnO_4$)หรือการทำสารเคมีที่ใช้ในการฟอกหนัง เป็นต้น

2.3. อุตสาหกรรมการผลิตวัสดุภัณฑ์เคมีซึ่งจำเป็นต้องใช้แมงกานีสเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ การทำสีย้อม สีทาบ้าน ทำปุ๋ยสังคราะห์ ผสมให้เกิดสีในเครื่องเคลือบเซรามิก และผสมในการทำอิฐ จะทำให้อิฐทนความร้อนสูง

ความจำเป็นของแมงกานีสต่อร่างกาย

แมงกานีสเป็นแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อร่างกายทั้งคนและสัตว์ โดยจะมีส่วนช่วยในการสร้าง กระดูก เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน การเจริญเติบโตของร่างกาย และทำหน้าที่สำคัญทางชีวเคมี โดยแมงกานีสจะทำหน้าที่คล้ายกับตัวเร่งปฏิกิริยาของกลูโคซามีนเซรีน (glucosamineserine) ในการสังเคราะห์มิวโคโพลีแซคคาไรด์ (mucopolysaccharides) ของกระดูกอ่อน

ความต้องการของแมงกานีสเพื่อให้เกิดความสมดุลย์ของร่างกายมนุษย์นั้น ในผู้ใหญ่ต้องการประมาณ 2 - 3 มิลลิกรัมต่อวัน (WHO, 1981) และในเด็กควรได้รับประมาณ 1.25 มิลลิกรัมต่อวัน (Engel et al, 1967)

ในกรณีที่ร่างกายขาดแมงกานีส จะทำให้เกิดความผิดปกติ โดยทำให้การเจริญเติบโตของกระดูกและโครงสร้างผิดปกติ การเจริญเติบโตของหูชั้นในไม่สมบรูณ์ และทำให้ตับอ่อนผิดปกติ ความผิดปกติต่าง ๆ เหล่านี้มักจะพบในเด็กในระยะที่กำลังเจริญเติบโต นอกจากนั้นยังมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ และการทำงานของสมองอีกด้วย

บุคคลที่เสี่ยงต่อการได้รับพิษของแมงกานีส

เนื่องจากแมงกานีสเป็นแร่ที่มีความจำเป็น และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการผลิตถ่านไฟฉาย อุตสาหกรรมหล่อเหล็กเหนียว หรืออุตสาหกรรมเกี่ยวกับสารเคมีที่ใช้แมงกานีสเป็นวัตถุดิบ เป็นต้น คนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับ

อุตสาหกรรมเหล่านี้ หรือประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงย่อมมีโอกาสที่จะได้รับแมงกานีสเข้าสู่ร่างกาย โดยอาจจะได้รับทางอาหารหรือน้ำดื่ม และที่สำคัญก็ได้แก่ระบบหายใจ โดยมีการฟุ้งกระจายของแมงกานีสสู่บรรยากาศในรูปฝุ่นละออง แต่อย่างไรก็ตามเราพอจะจำแนกประเภทของกลุ่มบุคคลที่มีความเสี่ยงสูง (high risk groups) ต่อการได้รับพิษของแมงกานีสออกได้ดังนี้

1. กรรมกรในเหมืองแร่แมงกานีส เหมืองแร่ส่วนใหญ่เป็นเหมืองเปิดมีกรรมวิธีการผลิตง่าย ๆ โดยการขุดแร่มาล้างน้ำให้สะอาด นำไปตากแห้ง แยกแร่ ร่อนแร่ บดแร่ และบรรจุแร่ใส่ถุงนำออกไปจำหน่าย กรรมกรที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีดังกล่าวนี้ ถ้าไม่ระมัดระวัง หรือป้องกันให้ดีพอ ย่อมจะได้รับแมงกานีสเข้าสู่ร่างกาย และถ้ามากพอก็อาจจะก่อให้เกิดพิษได้

2. คนงานในโรงงานถ่านไฟฉาย คนงานเหล่านี้มีโอกาสจะได้รับแมงกานีสเข้าสู่ร่างกายเพราะในการผลิตถ่านไฟฉายนั้น ใช้แมงกานีสเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตและเปอร์เซนต์ของแมงกานีสที่ใช้ค่อนข้างสูง คือส่วนใหญ่จะมากกว่า 72 % คนงานที่มีโอกาสสัมผัสมาก ได้แก่ คนงานในแผนกบดแร่ให้ละเอียด แผนกผสมแร่แมงกานีสกับสารเคมี หรือวัตถุดิบอื่น และแผนกอัดก้อนถ่านไฟฉาย ซึ่งจะเป็นแผนกที่ปั้มสารผสมของแร่แมงกานีสให้เป็นรูปร่างของก้อนถ่านไฟฉายตามต้องการ เพื่อนำไปบรรจุในกระบอกเป็นถ่านไฟฉายสำเร็จรูปต่อไป

3. คนงานในโรงงานหลอมหล่อเหล็กเหนียว ในการหลอมหล่อเหล็กเหนียวให้มีคุณสมบัติพิเศษบางประการเพิ่มขึ้นนั้น จำเป็นจะต้องมีส่วนผสมของแมงกานีสอยู่ด้วยประมาณ 1 - 12 % และในขณะที่มีการหลอม แมงกานีสจะมีการระเหยออกมาแล้วกลั่นตัวเป็นของแข็งเรียกว่า ฟูม (fume) ซึ่งฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ คนงานจะได้รับฟูมนี้โดยการหายใจเข้าไป แล้วอาจเกิดอาการแพ้แมงกานีสได้

4. คนงานในโรงงานผลิตสารเคมีที่ใช้แร่แมงกานีสเป็นวัตถุดิบ เช่น การผลิตโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต หรือด่างทับทิม (potassium permanganate, $KMnO_4$) จะต้องนำแร่แมงกานีสมาบดให้ละเอียด เพื่อผสมกับสารเคมีอื่น แล้วนำมาเผา ฉะนั้นในระหว่างการบดและการเผาจะมีฝุ่นและฟูมของแมงกานีสฟุ้งกระจายออกมาด้วย คนงานที่ทำงานในขบวนการผลิตนี้จึงมีโอกาสที่จะได้รับอันตรายจากพิษของแมงกานีสเช่นกัน

5. คนงานในอุตสาหกรรมการตัดเหล็กโดยใช้ความร้อนหรือเชื่อมเหล็กในการตัดเหล็กโดยใช้ความร้อน จะมีการทำให้เหล็กบริเวณที่ต้องการตัดเกิดอุณหภูมิสูงจนเหล็กบริเวณนั้นหลอม-เหลว แล้วใช้ก๊าซหรือลมเป่าให้เหล็กที่หลอมเหลวนั้นออกจากชิ้นงาน ซึ่งในขณะที่ทำให้เหล็กเกิดอุณหภูมิสูงจะทำให้แมงกานีสที่เจือปนอยู่ในเหล็กสามารถระเหยออกมาแล้วกลั่นตัวเป็นฝุ่น ในการเชื่อมด้วยก๊าซ จะมีการทำให้เหล็กบริเวนที่ต้องการเชื่อมเกิดอุณหภูมิสูงจนเหล็กบริเวณนั้นหลอม-เหลวเป็นเนื้อเดียวกันหรือเติมลวดเชื่อมลงไป ในขณะที่บริเวณนั้นยังหลอมเหลว แล้วปล่อยให้เย็น ในขณะที่เหล็กหลอมเหลวหรือลวดเชื่อมหลอมเหลวก็จะเกิดการระเหยของแมงกานีสออกมาแล้วกลั่นตัวเป็นฝุ่น

ในการเชื่อมด้วยไฟฟ้า จะมีการทำให้ลวดเชื่อมและเหล็กบริเวณรอยต่อเกิดการหลอมเหลวด้วยอุณหภูมิสูงด้วยไฟฟ้า ในขณะที่เชื่อมจะเกิดควันและฝุ่นของแมงกานีสขึ้น โดยควันนี้ได้มาจากสารพอกหุ้มของลวดเชื่อม ซึ่งใช้เป็นตัวป้องกันไม่ให้ก๊าซออกซิเจนรวมตัวกับเหล็ก และแมงกานีสจะได้มาจากชิ้นงาน, แกนของลวดเชื่อมหรือสารพอกหุ้ม

คนงานที่ทำการตัดเหล็กโดยใช้ความร้อนหรือเชื่อมเหล็ก จะได้รับฝุ่นของแมงกานีสเข้าไปโดยการหายใจ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการเป็นพิษจากจากแมงกานีสได้

<u>ทางที่แมงกานีสเข้าสู่ร่างกาย</u>

แมงกานีสสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางด้วยกัน คือ

1. ทางจมูก เป็นทางเข้าที่สำคัญที่สุด โดยการสูดหายใจเอาฝุ่นหรือฝุ่นของแมงกานีสเข้าสู่ปอด แล้วกระจายไปยังระบบต่างๆ ทั่วร่างกาย ขนาดของฝุ่นแมงกานีสที่หายใจเข้าไปจนถึงถุงลมของปอดนั้น (Respirable dust) นับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอันที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อระบบการหายใจ เพราะระบบทางเดินหายใจมีกลไกที่จะป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่จะผ่านเข้าไป เช่น มีเยื่อเมือกคอยจับฝุ่นหรือสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดใหญ่แล้วขับออกมาอยู่ในรูปเสมหะ โดยทั่วไปแล้วฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้นั้นจะมีขนาดเล็กกว่า 10ไมครอน

นอกจากขนาดแล้วประจุไฟฟ้า (electric charge) ของฝุ่นยังมีผลต่อการเกาะติดอยู่ตามทางเดินระบบหายใจ (Hubutija, 1972) คือฝุ่นของแมงกานีสที่เป็นประจุบวก สามารถเกาะติดอยู่ตามระบบทางเดินหายใจได้มากกว่าประจุลบถึง 33 %

2. ทางปาก โดยการรับประทานอาหารหรือน้ำดื่มที่มีแมงกานีสปนอยู่ โดยมากจะพบได้น้อยอาจพบได้ในกรณีของอุบัติเหตุหรือการไม่ระมัดระวังในการรับประทานอาหารหรือน้ำดื่ม เช่น มีการรับประทานอาหารหรือน้ำในบริเวณที่ทำงานเกี่ยวข้องกับแมงกานีส นอกจากนั้นการเกิดเสมหะที่ระบบหายใจ และมีการขับเอาฝุ่นของแมงกานีสออกมาพร้อมกับเสมหะแล้วกลืนกลับเข้าระบบทางเดินอาหารก็ทำให้ร่างกายได้รับฝุ่นของแมงกานีสเช่นกัน

3. ทางผิวหนังนับว่าเป็นทางที่ร่างกายมีโอกาสได้รับแมงกานีสน้อยที่สุด

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วว่า แมงกานีสเข้าสู่ร่างกายได้ดีที่สุดโดยระบบทางเดินหายใจ คนงานจะสูดเอาแมงกานีสที่ลอยฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศเข้าไป ซึ่งลักษณะของแมงกานีสที่ลอยฟุ้งอยู่ในบรรยากาศนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

1. ในรูปของฟูม(fume) เกิดจากการที่แมงกานีสถูกทำให้หลอมเหลวกลายเป็นไอ เมื่อกระทบความเย็นจะกลั่นตัวเป็นของแข็งขนาดเล็กลอยฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ โดยทั่วไปแล้วฟูมที่เกิดขึ้นนี้จะมีขนาดเล็กกว่า 1ไมครอน ฉะนั้นความเป็นพิษของฟูมจึงสูงเพราะว่าสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้มาก สำหรับคนงานที่มีโอกาสได้รับฟูมของแมงกานีส ได้แก่ คนงานที่เตาหลอมโลหะผสม เช่น บริเวณเตาหลอมของโรงงานทำเหล็กกล้าที่มีการผสมแร่แมงกานีสลงไป

2. ในรูปของฝุ่น(dust) ฝุ่นชนิดนี้จะมีขนาดใหญ่ประมาณ 1-150 ไมครอน จะพบมากในขณะมีการขนส่ง บด ร่อน หรือ ผสมแร่แมงกานีส เช่น ในเหมืองแร่แมงกานีส โรงงานบดแร่ โรงงานทำเหล็กกล้า โรงงานทำถ่านไฟฉาย และโรงงานทำสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับแร่แมงกานีส เป็นต้น

<u>กลไกการดูดซึมและการแพร่กระจายของแมงกานีสในร่างกาย</u>

มีความรู้เกี่ยวกับกลไกการดูดซึมแมงกานีสผ่านทางระบบทางเดินหายใจยังมีน้อย ขนาดของอนุภาคที่เล็กมากเมื่อมาถึงถุงลมปอดจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด และออกจากกระแสเลือดอย่างรวดเร็ว ผ่านมาที่ตับและขับออกเข้าสู่น้ำดี แมงกานีสกระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อต่างๆโดยการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วและ Dynamic state เข้าสู่ไมโตคอนเดรีย (Mitochondria) การสะสมของแมงกานีสเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ แมงกานีสสามารถซึมผ่าน Blood brain barrier ผ่านเข้าสู่รก (WHO,1981) และถูกขับออกทางน้ำนมได้ (McLeod & Robinsson,1972)

สำหรับการดูดซึมผ่านทางระบบทางเดินอาหารมีความรู้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น การศึกษาในสัตว์ทดลองพบการดูดซึมแมงกานีสน้อยกว่า 4 % (Suzuki,1974) รายงานผลการดูดซึมที่ลำไส้เพียง 0.5 - 2.0 % โดยศึกษาในหนูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแมงกานีสคลอไรด์

ปกติแมงกานีสจะมีการแพร่กระจายและไปสะสมอยู่โดยทั่วไปตามอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ความเข้มข้นที่มีนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของอวัยวะและเนื้อเยื่อ สำหรับคนที่มีน้ำหนัก 70 กิโลกรัม จะมีแมงกานีสอยู่ทั้งหมดประมาณ 10 - 12 มิลลิกรัม (Kitamura et al. 1974) ดังนั้นแมงกานีสที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ จะมีระดับความเข้มข้นเป็นไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

โดยทั่วไปแล้วแมงกานีสจะมีมากในเนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่มีไมโตคอนเดรียมาก และจะมีมากขึ้นในไมโตคอนเดรียเอง (Maynard & Cotzias, 1955;Thier & Vallee,1957) ยกเว้นบริเวณสมองจะมีความเข้มข้นของแมงกานีสค่อนข้างต่ำ นอกจากนั้นยังพบว่าแนวโน้มความเข้มข้นของแมงกานีสจะสูงขึ้นในเนื้อเยื่อที่มีสี (pigment) เช่น เส้นผมหรือผิวดำ (Cotzias et al., 1964) ระดับแมงกานีสในเลือด เวลากลางวันสูงกว่าเวลากลางคืน และไม่ปรากฏความแตกต่างในกลุ่มอายุ กลุ่มผู้หญิง หรือผู้ชาย (Horiguchi et al., 1974)

รายงานการศึกษาความเข้มข้นของแมงกานีสที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ จากนักวิจัย 4 คน ซึ่งหาความเข้มข้นของแมงกานีสที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของคนที่ไม่ทราบถึงอาชีพหรือเงื่อนไขอื่น ๆเกี่ยวกับการได้รับแมงกานีส Kehoe et al.(1940),Tipton & Cook (1963)

และ Underwood (1971) ได้ทำการศึกษาในสหรัฐอเมริกา ส่วน Kitamura (1974)ได้ศึกษาในชายและหญิงชาวญี่ปุ่นอย่างละ 15 คน ซึ่งเสียชีวิตเนื่องจากอุบัติเหตุ จากผลของการศึกษาในรายงานทั้งหมดนี้ พบว่า ความเข้มข้นของแมงกานีสสูงที่เนื้อเยื่อของตับ ตับอ่อน ไต และลำไส้ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1

Manganese in human tissues (mg/kg wet weight)

Tissue	Kitamura (1974) (atomic absorption)
aorta	-
brain	0.25
fat	0.07
heart	0.19
intestine	-
kidney	0.58
liver	1.20
lung	0.21
muscle	0.08
ovary	0.19
pancreas	0.74
spleen	0.08
testis	0.20
trachea	0.22
rib	0.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การขับถ่ายแมงกานีสออกจากร่างกาย

เมื่อแมงกานีสถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะทางใดทางหนึ่งก็ตาม บางส่วนที่เกินกว่าความสามารถของร่างกายจะรับไว้ได้ จะถูกขับออกภายนอก เกือบจะทั้งหมดของแมงกานีสที่ถูกขับออกสู่ภายนอกจะออกมาทางอุจจาระ แมงกานีสถูกขับเข้าสู่น้ำดีได้ (Papavasilion et al., 1966) เข้าสู่ลำไส้เล็กและบางส่วนจะถูกดูดซึมกลับเข้าสู่ร่างกาย และจะออกมาทางปัสสาวะเป็นส่วนน้อยเท่านั้น จากการศึกษาในคนพบว่าแมงกานีสปริมาณเพียง 0.1-1.3 % ของที่ร่างกายได้รับเข้าไปจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะ (Mcleod & Robinson, 1973)

ตัวชี้วัดทางชีวภาพของการสัมผัสแมงกานีส

การประเมินค่าของการสัมผัสแมงกานีสโดยการตรวจสอบค่าทางชีวภาพที่เป็นของเหลวหรือเนื้อเยื่อไม่มีค่าใดที่เป็นที่เชื่อถือได้ ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดหรือปัสสาวะในผู้ป่วยที่มีอาการเป็นพิษจากแมงกานีส ไม่ปรากฏว่ามีค่าใดที่จะมีแมงกานีสสูง เพราะว่าค่าครึ่งชีวิตของแมงกานีสสั้น ระดับแมงกานีสจึงบอกเพียงค่าในเวลานั้นเท่านั้น ในปัจจุบันไม่มีค่าทางชีวภาพตัวใดที่จะนำมาวินิจฉัยได้แน่นอน

ค่าครึ่งชีวิตของแมงกานีส

Mahoney & Small(1968) ได้ศึกษาครึ่งชีวิตของแมงกานีสในคน พบว่าค่าครึ่งชีวิตของแมงกานีสในคนแบ่งออกเป็น 2 ระยะ

1.ระยะที่ 1 เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เฉลี่ยภายในเวลาประมาณ 4 วัน

2.ระยะที่ 2 เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ประมาณ 39 วัน

Cotzias et al.(1968) ศึกษาครึ่งชีวิตแมงกานีสในร่างกายทั้งหมดพบว่าค่าเฉลี่ยคือ 37.5 วัน ค่าครึ่งชีวิตในตับ 25 วัน ในเลือด น้อยกว่า 1.5 นาที

ปริมาณแมงกานีสที่ทำให้สัตว์ทดลองเสียชีวิต(Lethal Dose หรือ LD)

ความเป็นพิษของแมงกานีสขึ้นอยู่กับรูปทางเคมีในรูปของ Mn^{2+} จะมีค่าความเป็นพิษมากกว่าในรูปของ Mn^{3+} ดังแสดงในตารางที่ 3.2 (WHO,1981)

ตารางที่ 3.2

The acute toxicity of forms of manganese

Compound	Animal	Administration route	LD_{50} (mg/kg)	Reference
Manganese dioxide	mouse	subcutaneous	500[b]	Date (1960)
Manganese chloride	mouse	oral	275-450	Sigan & Vitvickaja (1971)
	rat	oral	250-275	Hazaradze (1961)
	guineapig	oral	400-810	Hazaradze (1961)
Manganese sulfate	mouse	intraperitoneal	64	Yamamoto & Suzuki (1969)
	mouse	subcutaneous	164[b]	Date (1960)
	mouse	oral	305[b]	Date (1960)

[b] Lethal dose (LD_{100}).

การเป็นพิษจากแมงกานีส

การเป็นพิษจากแมงกานีสเป็นอันตรายในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ โลหะอัลลอยด์ ถ่านไฟฉาย และในงานเชื่อม ความผิดปกติเกิดขึ้นแสดงออกทั้งทางจิตใจและประสาท อาการทางประสาทคล้าย ๆ กับโรคพาร์คินสัน(Parkinsonism) จากการผ่าศพพิสูจน์ในผู้ป่วยที่มีอาการเป็นพิษจากแมงกานีส พบรอยโรคของระบบประสาทส่วนกลางที่ Striatum และ Pallidum และอาจพบที่ Substantian Nigra มีผลทำให้ความเข้มข้นของ Dopamine ลดลง เกิดอาการแสดงความผิดปกติทาง Extrapymidal tract ปริมาณน้อยที่สุดที่ทำให้เกิดอาการทางระบบประสาทส่วนกลางไม่อาจจะรู้ได้

การวินิจฉัยการเป็นพิษจากแมงกานีสในระยะเริ่มแรกเป็นเรื่องที่ยากมาก ประกอบกับไม่มีค่าทางชีวภาพค่าใดที่เชื่อถือได้ ดังนั้นการคัดกรองจากอาการบอกเล่า การตรวจร่างกายทางคลินิค ค่าแมงกานีสในเลือดหรือปัสสาวะ ควรจะมีการตรวจเป็นประจำ

เนื่องจากการรับแมงกานีสเข้าสู่ร่างกายนั้นทางที่สำคัญที่สุดได้แก่ ระบบทางเดินหายใจ เมื่อมีการสูดหายใจเอาฝุ่นของแมงกานีสเข้าไปความเป็นพิษของแมงกานีส จะมีผลต่ออวัยวะต่างๆ นับตั้งแต่ ปอด ตับ ประสาทส่วนกลางและระบบเลือดของร่างกายปกติแล้วการเป็นพิษจากแมงกานีส ซึ่งเกี่ยวกับงานอุตสาหกรรมนั้นส่วนมากมักจะเป็นชนิดเรื้อรัง โดยทั่วไปจะเกิดมากกับระบบประสาทส่วนกลาง และพบบ้างส่วนที่เกี่ยวข้องกับปอด สำหรับการเป็นพิษในกรณีเฉียบพลันนั้นไม่ค่อยพบบ่อยนัก ซึ่งลักษณะและอาการของการเป็นพิษจากแมงกานีสสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเป็นพิษจากแมงกานีสชนิดเฉียบพลัน (acute manganese poisoning) เกิดขึ้น เนื่องจากสูดหายใจเอาฝุ่นหรือฟูมของแมงกานีสที่มีความเข้มข้นสูงเข้าไป แล้วจะทำให้เกิดอาการไข้ ลักษณะเช่นนี้เกิดแบบเดียวกับอาการไข้เนื่องจากฟูมของโลหะ (metal fume fever) คือ มีอาการคลื่นไส้ อาเจียร คอแห้ง ไอ อ่อนเพลีย ปวดหัว ปวดกล้ามเนื้อ และมีไข้ อาการที่เกิดนี้จะปรากฏภายหลังได้รับแมงกานีสเข้าไปแล้วหลายชั่วโมง และจะเป็นปกติภายใน 1 หรือ 2 วัน

2. การเป็นพิษจากแมงกานีสชนิดเรื้อรัง (chronic manganese poisoning) การเป็นพิษจากแมงกานีสชนิดเรื้อรังนี้ เป็นโรคที่เกิดโดยทั่วไปกับผู้ประกอบอาชีพในงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสกับแร่แมงกานีส เกิดขึ้นเนื่องจากการได้รับแมงกานีสเข้าสู่ร่างกายซ้ำ ๆ กันเป็นเวลานาน อาการที่เกิดมักจะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) และพบบ้างส่วนที่เกี่ยวกับปอด

อาการเป็นพิษจากแมงกานีสชนิดเรื้อรังที่เกิดขึ้นกับระบบประสาทและปอดพอสรุปได้ดังนี้

1. ประเภทที่มีผลต่อระบบประสาท แมงกานีสเมื่อเข้าสู่ร่างกายในจำนวนที่มากพอแล้วจะไปมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง เชื่อกันว่าพิษของแมงกานีสนั้นมีผลโดยตรงต่อการทำลายสมองหรือต่อการสร้างสารบางตัวที่เกี่ยวข้องกับการทำงานสมอง จึงทำให้สมองและการทำงานของสมองผิดปกติ

อาการโดยทั่วไปที่มีผลต่อระบบประสาท แบ่งเป็นระยะ ๆ ดังนี้

- ระยะเริ่มแรก ผู้ที่สัมผัสแมงกานีสจะปรากฏอาการในระหว่าง 6 เดือน ถึง 2 ปี แต่บางรายอาจนานถึง 24 ปี (Patty, 1981) อาการอาจเริ่มด้วย การเป็นไข้ ปวดศีรษะ กล้ามเนื้อไม่มีแรง เบื่ออาหาร พูดจาน้อย ความรู้สึกทางเพศเสื่อมถอย นอนไม่หลับ

- ระยะกลาง อาการแสดงของ Extrapiramidal เกิดขึ้น เป็นตะคริวบ่อย ปวดกล้ามเนื้อบ่อย ไม่ค่อยพูดจา เวลาพูด ไม่เปลี่ยนระดับเสียง พูดช้าและไม่ชัดเจน ใบหน้าไม่แสดงความยินดียินร้าย เมื่อหัวเราะกล้ามเนื้อจะเกร็งไปทั่วใบหน้า เฉื่อยชา เวลาเดินมีอาการกระตุก

- ระยะท้าย ระยะนี้อาการต่าง ๆ จะรุนแรงขึ้น มีอาการแสดงทั้งความผิดปกติของจิตใจและอาการและอาการแสดงทางระบบประสาท เวลาเดินจะมีการกระตุกมากขึ้น ท่าเดินแกว่งไปแกว่งมา ก้าวขาสั้น ๆ เดินหัวซุนไปข้างหน้า หกล้มบ่อย ๆ การเดินมีลักษณะคล้ายเป็ดหรือไก่เดิน มีการกระตุกของปลายแขน ปลายขา อารมณ์ไม่แน่นอน หัวเราะและร้องไห้โดยไม่มีสาเหตุ กลืนน้ำลายลำบากทำให้น้ำลายยืดตลอดเวลา พูดไม่มีเสียงหรือเสียงแหบเหมือนเป็ด ช่วยตัวเองไม่ได้ และในที่สุดอาจมีอาการอัมพาตของร่างกายเป็นบางส่วน ความรุนแรงของโรคเป็นพิษจากที่มีต่อระบบประสาทนี้ ส่วนใหญ่แล้ว จะไม่ทำให้ถึงกับเสียชีวิต แต่มักจะทำให้ผู้

เป็นโรคเกิดความพิการเป็นอัมพาตอย่างถาวร การรักษาต้องเริ่มตั้งแต่ระยะแรกของการเกิดอาการจึงจะสามารถทำให้หายหรือทุเลาขึ้นได้

2. ประเภทที่มีผลต่อปอด เกิดจากการการสูดหายใจเอาฝุ่นหรือฟุมของแมงกานีสเข้าไป อาจทำให้เกิดอาการปอดบวม (manganese pneumonia) โดยมีอาการเริ่มต้นด้วยเจ็บคอเป็นไข้ มีเสมหะ ต่อมาเริ่มเป็นไข้สูง หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย เจ็บหน้าอก อาการเหล่านี้จะเหมือนกับอาการปอดบวมโดยทั่วไป ความรุนแรงของโรคปอดบวมเนื่องจากพิษของแมงกานีสนี้ถ้าเป็นมากจะมีโอกาสทำให้เสียชีวิตได้ แต่กรณีที่เริ่มพบอาการแล้วแยกผู้ป่วย ออกจากสถานที่ทำงาน และให้การรักษาให้ถูกต้องรักษาให้ถูกต้อง แล้วหายเป็นปกติได้

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของการเป็นพิษจากแมงกานีส</u>

การที่ร่างกายจะเกิดอาการเป็นพิษจากของแมงกานีสนั้น มีปัจจัยหลายอย่างซึ่งเอื้ออำนวย และมีส่วนร่วมกันในอันที่จะทำให้เกิดโรค ปัจจัยเหล่านี้ที่สำคัญ ๆ ได้แก่

1. ขนาดของฝุ่นที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย ปกติแล้วฝุ่นขนาดใหญ่จะถูกขับออกจากระบบทางเดินหายใจ เช่น ถูกขับออกมาเป็นเสมหะ ฝุ่นขนาดเล็กเท่านั้นที่สามารถผ่านสู่ระบบทางเดินหายใจได้ดีขนาดจะเล็กกว่า 10 ไมครอน การได้รับฟุม (fume) ของแมงกานีสมักจะก่อให้เกิดพิษได้มากกว่าการได้รับฝุ่น (dust)ของแมงกานีสเพราะฟุมมีขนาดเล็กกว่าฝุ่นมาก จึงสามารถผ่านระบบหายใจเข้าสู่ถุงลมของปอดได้ดีกว่า

2. ปริมาณของแมงกานีสที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย ความสามารถในการขับถ่ายแมงกานีสออกจากร่างกายนั้นมีขีดจำกัด ฉะนั้นถ้าหากร่างกายได้รับแมงกานีสในปริมาณที่มากย่อมจะทำให้มีแมงกานีสจำนวนหนึ่งเหลือสะสมอยู่ ก่อให้เกิดพิษได้

3. ระยะเวลาการทำงานที่มีโอกาสสัมผัสกับฝุ่นของแมงกานีส การทำงานในบริเวณที่มีโอกาสรับเอาฝุ่นของแมงกานีสเข้าสู่ร่างกาย ถ้าทำในระยะเวลาไม่นาน การสะสมของแมงกานีสในร่างกายก็มีน้อย แต่ถ้ามีการได้รับฝุ่นของแมงกานีสเข้าไปเป็นเวลานาน ปริมาณของแมงกานีสในร่างกายย่อมมีมากจนอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษขึ้นได้ ฉะนั้นการทำงาน

ในแผนกที่มีโอกาสสัมผัสกับแมงกานีสมากจึงควรที่จะได้มีการสับเปลี่ยนหน้าที่การทำงานของคนงานเมื่อทำงานไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อป้องกันการสะสมของแมงกานีสในร่างกาย

4. ความต้านทานเฉพาะหรือความสมบูรณ์ของร่างกาย การที่ระยะเวลาในการแสดงอาการของโรคที่เกิดจากการเป็นพิษจากของแมงกานีสนั้นต่างกัน ปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งก็คือ ความต้านทานเฉพาะตัวบุคคล ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากความสามารถในการสะสมหรือขับถ่ายแมงกานีสออกจากร่างกายได้มากกว่าบุคคลอื่นอาการอาจจะปรากฏเมื่อสุขภาพร่างกายอ่อนแอลง การเจ็บป่วยพิษสุราเรื้อรัง การติดเชื้อเรื้อรัง การทำงานของตับ ไต ผิดปกติ โลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก

<u>ค่ามาตรฐานของแมงกานีสในสถานประกอบการ</u>

TLV Comitte of the American Conference of Governmental Industrial Hygienists แบ่งการสัมผัสแมงกานีสใน 2 รูปแบบ คือ

1.แมงกานีสที่เป็นสารประกอบส่วนใหญ่เป็น MnO_2 โลหะอัลลอยด์ ให้มีแมงกานีสในอากาศไม่ควรเกินกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจัดอยู่ในกลุ่มที่ห้ามให้มีค่าเกินกว่ามาตรฐานไม่ว่าเวลาใดเวลาหนึ่งของการทำงาน

2.ฝุ่นแมงกานีส ส่วนใหญ่เป็น Mn_3O_4 ให้มีค่าแมงกานีสในอากาศไม่ควรเกินกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยศึกษาจากสัตว์ทดลองพบว่า แมงกานีสที่มีอ๊อกไซด์สูง ค่าความเป็นพิษสูงขึ้น และมีรายงานผู้ป่วยเป็นพิษจากแมงกานีสโดยสัมผัสฝุ่นเหล็กกล้าแมงกานีสในสิ่งแวดล้อม 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Patty,1984)

MAC USSR กำหนดค่าแมงกานีสในอากาศ 0.3 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ในคนที่ไม่ได้สัมผัสแมงกานีส ค่าปกติที่อาจพบแมงกานีสมีค่าดังต่อไปนี้

ค่าแมงกานีสในเลือดไม่เกิน	2	ไมโครกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร
ค่าแมงกานีสในปัสสาวะไม่เกิน	2	ไมโครกรัมต่อปัสสาวะ 1 ลิตร
ค่าแมงกานีสในอุจจาระไม่เกิน	6	กรัมต่ออุจจาระ 100 กรัม
ค่าแมงกานีสในเส้นผมไม่เกิน	0.3	มิลลิกรัมต่อเส้นผม 1 กรัม

สำหรับประเทศไทยได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของแมงกานีสในอากาศในสถานประกอบการ โดยประกาศกระทรวงมหาดไทยว่าด้วยความปลอดภัยในการทำงาน(สารเคมี)คือ ไม่ว่าระยะเวลาใดเวลาหนึ่งของการทำงานปกติ ห้ามมิให้นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในที่มีปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในบรรยากาศทำงานเกินกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กองควบคุมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดระดับความเข้มข้นของแมงกานีสที่พบในร่างกาย ซึ่งจะเป็นการป้องกันไม่ให้ร่างกายได้รับแมงกานีสเข้าไปสะสมมากจนก่อให้เกิดอันตราย คือ กำหนดว่า ถ้าพบความเข้มข้นของแมงกานีสในเลือดมากกว่า 4 ไมโครกรัมเปอร์เซนต์ ในปัสสาวะมากกว่า 2 ไมโครกรัมเปอร์เซนต์ และในเส้นผมมากกว่า 20 ไมโครกรัมต่อกรัม แสดงว่าได้รับแมงกานีสมากเกินไป โรงงานจะต้องมีการควบคุมและแก้ไขสภาวะแวดล้อมในการทำงาน และควรแยกคนงานเหล่านี้ออกจากการสัมผัสกับฝุ่นเป็นระยะเวลาหนึ่ง จนกว่าความเข้มข้นของแมงกานีสที่พบจะลดลง (ปิยะรัตน์, 2526)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย